

Caracterización fisicoquímica y sensorial de bebida funcional elaborada con harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y panela

Physicochemical and sensory characterization of a functional beverage made with quinoa flour (*Chenopodium quinoa*) and panela

Domínguez, Vicente¹; Enriquez, Miguel^{1,3*}; Radice, Matteo²; Bonilla, Anita⁴; Ruiz, Hernán¹; Basantes, Edwin¹; Villafuerte, Franklin^{1,3}

¹Departamento de Procesos Industriales y Alimentarios, Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador

²Departamento de Matemáticas y Ciencias Físicas, Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador

³Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo Programa, ICAI-Conicet, Mendoza, Argentina

⁴Consultor Independiente

Recibido: 11/01/2026 | Aceptado: 11/05/2026 | Publicado: 06/07/2026

Correspondencia*: menriquez@uea.edu.ec

RESUMEN

La bebida funcional elaborada con harina de quinua y panela presentó propiedades fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas favorables, evidenciando la viabilidad tecnológica de la formulación. La harina de quinua mostró un alto valor nutricional, con 13,5 % de proteína y 11 % de fibra, cumpliendo la normativa NTE INEN 1673:1988. El análisis estadístico demostró que la panela influyó significativamente sobre el pH y los sólidos solubles ($p < 0,01$), mientras que la harina de quinua y su interacción con el endulzante afectaron la densidad y estabilidad del sistema. Aunque el pH mínimo registrado (5,99) se mantuvo por encima del umbral crítico de inhibición microbiana, la pasteurización garantizó la inocuidad del producto. Sensorialmente, la combinación de quinua y panela mejoró la aceptabilidad, destacándose el tratamiento A2B3 (13 % panela y 4,5 % harina) por presentar mayor aceptación y ausencia de crecimiento microbiano. En conjunto, los resultados confirman el potencial de esta bebida como matriz funcional estable, nutritiva y segura para aplicaciones agroindustriales.

Palabras clave: Diseño experimental; inocuidad microbiológica; pasteurización; perfil nutricional; propiedades reológicas

ABSTRACT

The functional beverage formulated with quinoa flour and panela exhibited favorable physicochemical, sensory, and microbiological properties, demonstrating the technological feasibility of the formulation. Quinoa flour showed high nutritional value, containing 13.5% protein and 11% fiber, in compliance with the NTE INEN 1673:1988 standard. Statistical analysis revealed that panela significantly influenced pH and soluble solids ($p < 0.01$), whereas quinoa flour and its interaction with the sweetener affected the density and stability of the system. Although the minimum recorded pH value (5.99) remained above the critical threshold for microbial inhibition, pasteurization ensured product safety. Sensory evaluation indicated that the combination of quinoa and panela improved overall acceptability, with treatment A2B3 (13% panela and 4.5% quinoa flour) showing the highest consumer acceptance and absence of microbial growth. Overall, the results confirm the potential of this beverage as a stable, nutritious, and safe functional matrix for agro-industrial applications.

Keywords: Experimental design; microbiological safety; pasteurization; nutritional profile; rheological properties

Cómo citar este artículo: Domínguez, V., Enríquez, M., Radice, M., Bonilla, A., Ruiz, H., Basantes, E. & Villafuerte, F. (2026). Caracterización fisicoquímica y sensorial de bebida funcional elaborada con harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y panela. *Revista Científica Dékamu Agropec*, 7(1), 01-15. <https://doi.org/10.55996/dekamuagropec.v7i1.376>

1. INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) es una especie originaria de la región andina, particularmente en las cercanías del Lago Titicaca, en Perú y Bolivia, donde fue domesticada entre 3000 y 5000 a.C. por civilizaciones precolombinas (Aldana, 2005). Este pseudocereal constituyó un alimento fundamental en el Imperio Inca debido a su notable adaptabilidad a diversos climas y su elevado valor nutricional. Durante el proceso de domesticación, la planta experimentó modificaciones morfológicas y se desarrollaron ecotipos resistentes a condiciones adversas como sequía y salinidad, lo que permitió su expansión en diferentes zonas altoandinas (FAO, 1992).

La quinua se cultiva en altitudes que oscilan entre el nivel del mar y los 4.000 m s. n. m., gracias a su notable plasticidad genética y fisiológica, lo que ha favorecido su introducción en más de 125 países. En la región andina, particularmente en Ecuador, se siembra principalmente entre los 2.500 y 3.500 m s. n. m., donde muestra mayor tolerancia a heladas y sequías en comparación con otros cultivos (Cárdenas Palomino, 2018). Morfológicamente, la planta es herbácea, erecta, con alturas que varían entre 100 y 142 cm; presenta una inflorescencia en forma de panoja con tonalidades diversas (verde, púrpura, rojo, amarillo y blanco) y un sistema radicular pivotante, profundo y ramificado, que le confiere resistencia a estrés hídrico. Las flores son pequeñas (≈ 3 mm) y se agrupan en glomérulos, con tres tipos diferenciados: hermafroditas, pistiladas y androestériles (Enríquez Estrella et al., 2020). El fruto es un aquenio que contiene la semilla, cuya madurez fisiológica depende de la variedad. Desde el punto de vista nutricional, la quinua destaca por su contenido proteico (13,8–21,9%), aportando todos los aminoácidos esenciales definidos por la FAO, lo que la convierte en un alimento completo y de alta digestibilidad. Además, sus hojas son ricas en proteínas, minerales (Ca, Fe, Zn) y compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, reforzando su potencial como cultivo funcional y sostenible (Sucasaca, 2022). En Ecuador, la producción ha mostrado variaciones significativas: tras alcanzar un máximo en 2015 (≈ 12 millones kg), se redujo en más del 80% para 2022 (≈ 883.000 kg), debido a factores como la fluctuación de la demanda y la competencia internacional. Las provincias con mayor producción son Chimborazo, Cotopaxi e Imbabura, donde predominan las variedades INIAP Tunkahuan e INIAP Pata de Venado (Peralta, 2009).

En el ámbito de bebidas vegetales, no existen datos consolidados ni comparables sobre la demanda o los nichos específicos en Ecuador o América Latina que permitan cuantificar el potencial comercial de nuevas formulaciones basadas en quinua (Bellio Lyle & Ycaza Arosemena, 2007). Esta ausencia de información constituye un vacío estratégico relevante, dado el creciente interés en productos funcionales y alternativas vegetales, y motiva el desarrollo del presente estudio (Enríquez-Estrella et al., 2022). La generación de evidencia fisicoquímica, sensorial y microbiológica sobre una bebida formulada con harina de quinua y panela permite establecer líneas de base útiles para orientar iniciativas de investigación, desarrollo tecnológico y validación comercial hacia consumidores potencialmente receptivos. En este sentido, la evaluación integral de una matriz alternativa basada en pseudocereales adquiere particular importancia, sobre todo ante la falta de estudios que integren formulación, procesos térmicos y aceptación sensorial de bebidas que incorporen quinua como ingrediente principal (Liborio-Aldana et al., 2024).

El desarrollo de bebidas funcionales de base vegetal se ha intensificado en respuesta a la demanda de productos “listos para beber” con aportes nutricionales y bioactivos, empleando cereales, leguminosas y pseudocereales como matrices alternativas (García-Hernández & Rodríguez-Hernández, 2023). Sin embargo, estas formulaciones enfrentan retos tecnológicos recurrentes asociados a inestabilidad coloidal, sedimentación, variaciones de viscosidad y aceptación sensorial, altamente dependientes de la composición y del procesamiento térmico (Balquinta, 2025). En este contexto, la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) destaca por su perfil proteico completo y por la

funcionalidad de sus fracciones de almidón y proteína, las cuales pueden contribuir al cuerpo y textura de bebidas, aunque su comportamiento fisicoquímico es sensible a las interacciones con otros componentes (Campos-Rodriguez et al., 2022). La panela, utilizada como edulcorante natural, aporta dulzor, color y compuestos aromáticos, pero incrementa la complejidad del sistema al modificar sólidos solubles y potencialmente la estabilidad microbiológica (Oliva & Rimachi, 2017). En consecuencia, las bebidas formuladas con harina de quinua y panela deben entenderse como sistemas coloidales complejos, donde pequeñas variaciones en la formulación pueden generar cambios significativos en atributos sensoriales, estabilidad fisicoquímica y calidad sanitaria (Lopez Yana, 2025).

Aunque la literatura relacionada con bebidas de quinua y panela constituye un punto de partida clave debido al interés creciente en edulcorantes naturales y a la contribución aromática de la panela, el panorama regional incluye también referencias importantes en bebidas elaboradas con avena, amaranto, lupino, soya y chía. Estas matrices vegetales han sido frecuentemente utilizadas como base para bebidas funcionales, y su comparación resulta útil para posicionar la novedad tecnológica de la propuesta quinua panela. La panela se ha asociado con mejoras en dulzor y color, así como con la contribución de compuestos aromáticos que enriquecen el perfil sensorial del producto final (Egusquiza Santos, 2024). Asimismo, la incorporación de cereales y pseudocereales en bebidas funcionales suele incrementar su complejidad sensorial, especialmente en atributos como olor y sabor (Fernández, 2024). Estudios recientes reportan que formulaciones con quinua malteada y panela muestran perfiles sensoriales superiores debido al aporte de volátiles y dulzor natural y que procesos biotecnológicos, como la fermentación láctica, pueden mejorar notablemente el sabor y la textura debido a la generación de compuestos aromáticos y ácidos orgánicos (Paucarchuco Soto & Vilchez De la Cruz, 2024). Estas evidencias sugieren que la combinación quinua–panela representa una oportunidad de innovación frente a bebidas tradicionales de avena reconocida por su viscosidad y cuerpo, a las propiedades emulsificantes y proteicas de la soya, a la funcionalidad proteica de amaranto y lupino, y a los mucílagos espesantes de la chía. Así, la quinua se posiciona como un pseudocereal premium por su perfil aminoacídico, versatilidad tecnológica y potencial para desarrollar matrices estables y sensorialmente atractivas (Merizalde Suárez, 2023).

Desde un punto de vista mecanístico, la formulación de una bebida a partir de harina de quinua y panela involucra fenómenos relevantes para la estabilidad y calidad del producto. La harina de quinua aporta proteínas, almidones y polisacáridos solubles que, en interacción con los sólidos solubles de la panela (principalmente sacarosa y, en menor proporción, azúcares reductores), conforman una matriz coloidal donde coexisten partículas proteico-almidónicas dispersas en una fase continua más densa (Amanta & Chicaiza, 2024).

En este contexto, surge la necesidad de responder a la pregunta: ¿cómo afectan la proporción de panela (factor A) y la proporción de harina de quinua (factor B), en los niveles estudiados, las propiedades sensoriales olor, sabor, dulzor, color, textura y aceptabilidad y la estabilidad microbiológica y fisicoquímica de una bebida funcional de quinua endulzada con panela? Para abordar esta interrogante, se plantean hipótesis contrastables que orientan el diseño experimental: se propone que un mayor porcentaje de panela incrementa significativamente el dulzor, el color y la aceptabilidad global, y que, junto con la pasteurización, ayuda a mantener conteos de mohos y levaduras dentro de los límites de inocuidad al reducir la actividad de agua (H1). Asimismo, se sustenta que un incremento en la proporción de harina de quinua aumentará el cuerpo y la estabilidad coloidal, mejorando la textura y la aceptabilidad sin afectar negativamente el perfil aromático (H2). Se anticipa también una interacción sinérgica entre ambos factores ($A \times B$), de modo que combinaciones equilibradas maximicen la aceptabilidad sensorial y favorezcan la estabilidad

del sistema, mientras que niveles extremos puedan provocar sobre dulzor, oscurecimiento o sedimentación (H3). Bajo ese contexto el objetivo de la investigación fue la caracterización fisicoquímica y sensorial de la bebida funcional elaborada con harina de quinua y panela.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización

La fase experimental se desarrolló en la ciudad de Guaranda, provincia Bolívar (Ecuador), ubicada a 2.640 m s. n. m., con temperatura media anual de 14,4 °C y humedad relativa del 70%.

2.2. Materiales

Materia prima: Harina de quinua tostada (*Chenopodium quinoa Willd.*), panela y agua purificada.

Equipos de planta: Mesa de trabajo, envases plásticos, fundas herméticas (Ziploc), calderos, jarras plásticas, batidor de acero inoxidable, balanza digital.

Equipos de laboratorio: Balanza analítica, potenciómetro, mortero, matraces Erlenmeyer y volumétricos, vasos de precipitación, agitador mecánico, refractómetro, termómetro, molino y tostadora industrial.

2.3. Diseño experimental

Se empleó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 2×3 , considerando:

Factor A: porcentaje de panela (10% y 13%).

Factor B: porcentaje de harina de quinua tostada (1,5%; 3,0%; 4,5%).

Cada tratamiento se replicó tres veces, obteniendo 18 unidades experimentales, con un volumen de 1.000 cc por unidad

2.4. Análisis estadístico

Se aplicó ANOVA al 5% para evaluar el efecto de los factores sobre las variables dependientes: pH, grados Brix y densidad. El modelo matemático (Ecuación 1) utilizado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \sum \Sigma_{ijk} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde

Y_{ijk} = N variable medida.

μ = Efecto de la media general

A_i = Efecto del factor A (porcentaje de panela)

B_j = Efecto del factor B (porcentaje de harina de quinua)

AB_{ij} = Efecto de la interacción ($A*B$).

$\sum \Sigma_{ijk}$ = Efecto del error experimental.

Se aplicó la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) para comparación múltiple. Para los datos organolépticos (escala hedónica de 5 puntos), se utilizó la prueba Kruskal-Wallis por tratarse de datos no paramétricos.

2.5. Procedimientos experimentales

Elaboración de harina de quinua

Selección del grano conforme a la norma NTE INEN 1673:2013 (libre de mohos y saponinas).

Tostado: 140 °C, 10 rpm, 5 min por cada 3 kg en tostadora industrial.

Enfriado natural en capa ≤ 5 mm.

Molienda: granulometría promedio de 20 μ m (0,2 mm) para reducir sedimentación.

Almacenamiento: fundas herméticas Ziploc, etiquetadas y selladas.

Obtención de panela

Producto obtenido por evaporación del jugo de caña en trapiches paneleros, con pH entre 5,2 y 6,2. Se siguieron procesos de clarificación y concentración hasta alcanzar $>90^\circ$ Brix.

Formulación de la bebida

La Tabla 1 describe de manera secuencial las operaciones aplicadas para la elaboración de la bebida a base de harina de quinua y panela, destacando las condiciones de procesamiento y su finalidad tecnológica dentro del sistema productivo. Cada etapa fue diseñada para optimizar la estabilidad fisicoquímica, inocuidad microbiológica y aceptabilidad sensorial del producto final. La formulación inicial permitió una adecuada dispersión de los sólidos, favoreciendo la hidratación de la harina y evitando la formación de agregados que puedan afectar la textura y uniformidad de la bebida.

Tabla 1. Etapas del proceso

Etapas	Descripción	Parámetros	Propósito tecnológico
Formulación de mezcla base	Dispersión gradual de harina de quinua en agua potable bajo agitación constante	Agua a 26 °C; agitación continua	Favorecer hidratación de sólidos, evitar grumos y garantizar homogeneidad
Incorporación de endulzante	Adición progresiva de panela triturada a la mezcla base	45 °C; agitación controlada	Mejorar solubilidad de azúcares y prevenir caramelización y sedimentación
Pasteurización	Tratamiento térmico abierto de la mezcla endulzada	86 °C durante 10 min	Reducir carga microbiana y asegurar inocuidad sin afectar calidad sensorial
Enfriamiento rápido	Aplicación de shock térmico posterior al tratamiento térmico	Descenso hasta 6 °C	Detener reacciones térmicas y prevenir crecimiento microbiano
Filtrado y envasado	Filtrado para eliminación de partículas y envasado en botellas PET esterilizadas (1.000 cc)	Cumplimiento de NTE INEN 394:2012	Mejorar claridad y evitar contaminación post-proceso
Almacenamiento	Conservación del producto terminado en refrigeración	4 °C	Mantener estabilidad fisicoquímica y calidad microbiológica

Variables evaluadas

La Tabla 2 presenta los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales aplicados tanto a la harina de quinua como a la bebida elaborada, con el propósito de evaluar la calidad integral de las materias primas y del producto final.

Tabla 2. Variables evaluadas y métodos de análisis

Producto	Tipo de análisis	Variable evaluada	Método / Norma aplicada
Harina de quinua	Fisicoquímico	Proteína	AOAC 981.10
		Grasa	NTE INEN 0523
		Fibra total y fibra bruta	NTE INEN 0522
		Ceniza	NTE INEN 0520
		Almidón	NTE INEN 0524
Bebida de quinua	Fisicoquímico	pH	NTE INEN 526
		Acidez titulable	NTE INEN 0381
		Sólidos solubles (°Brix)	NTE INEN 0380
		Densidad	Método gravimétrico
	Microbiológico	Mohos y levaduras	Recuento de UFC mediante PetriFilm
	Sensorial	Color	Escala hedónica de 5 puntos
		Olor	Escala hedónica de 5 puntos
		Sabor	Escala hedónica de 5 puntos
		Aceptabilidad general	Panel de 10 catadores semi-entrenados

2.5. Análisis sensorial

Se realizó mediante una evaluación hedónica afectiva para determinar el nivel de aceptación de las bebidas formuladas a base de quinua y panela. Se evaluaron cinco tratamientos experimentales considerando atributos de olor, sabor, dulzor, color, textura y aceptabilidad general, utilizando una escala hedónica estructurada de 9 puntos aplicada a un panel de 10 catadores semi-entrenados. Las muestras fueron codificadas aleatoriamente y analizadas bajo condiciones controladas para minimizar sesgos experimentales. Los resultados fueron procesados mediante análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de $p < 0,05$ y representados mediante gráficos radiales para facilitar la comparación sensorial entre tratamientos (Tabla 3).

Tabla 3. Parámetros metodológicos de la evaluación sensorial de formulaciones con quinua y panela

Parámetro evaluado	Descripción
Tratamientos	Control, solo quinua, solo panela, quinua + panela y quinua + panela fermentada
Atributos sensoriales	Olor, sabor, dulzor, color, textura y aceptabilidad general
Panel de evaluación	10 catadores semi-entrenados
Escala de valoración	Escala hedónica de 9 puntos
Interpretación de escala	1 = “me disgusta extremadamente”; 9 = “me gusta extremadamente”
Análisis estadístico	ANOVA ($p < 0,05$)
Representación de resultados	Gráficos radiales comparativos

3. RESULTADOS

3.1. Caracterización de la materia prima

El análisis de proteína realizado en el grano de quinua mediante el método AOAC Official Method 981.10 arrojó un valor de 13,7%, cumpliendo con los parámetros establecidos por la norma NTE INEN 1673:1988, lo que confirma su aptitud para la elaboración de harina y posterior formulación de la bebida.

3.2. Propiedades fisicoquímicas de la harina de quinua

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 4, el cual el perfil fisicoquímico evidenció un contenido proteico de 13,50 %, valor característico de materias primas con alto aporte de aminoácidos esenciales, lo que respalda su potencial nutricional como ingrediente funcional. El contenido de fibra total y fibra bruta (11,00 %) confirma una fracción significativa de carbohidratos estructurales, asociada a efectos prebióticos y beneficios metabólicos. La grasa (5,20 %) y la ceniza (3,00 %) se encuentran dentro de rangos esperados para productos derivados de quinua, indicando una contribución moderada de lípidos y minerales.

El pH registrado (6,60) clasifica el producto como alimento ligeramente ácido a cercano a neutro, condición que requiere control térmico y almacenamiento en refrigeración para garantizar estabilidad microbiológica. La acidez titulable (0,01 %) refleja baja presencia de ácidos orgánicos, coherente con el valor de pH observado.

En conjunto, los resultados muestran un equilibrio entre macronutrientes y estabilidad fisicoquímica, sustentando la viabilidad tecnológica del producto y su perfil nutricional favorable para el desarrollo de bebidas funcionales.

Tabla 4. Resultados físico químicos de la harina

Parámetro	Norma / Método	Resultado
Proteína (%)	AOAC 981.10	13,50
pH	NTE INEN 0526:2013	6,60
Grasa (%)	NTE INEN 0523-81	5,20
Fibra total (%)	NTE INEN 0522-81	11,00
Fibra bruta (%)	Digestión	11,00
Ceniza (%)	NTE INEN 0520-81	3,00
Acidez (%)	NTE INEN 0521-81	0,01
Almidón	NTE INEN 0524-81	Ausencia

La figura 1 evidencia que la bebida a base de quinua presentó un perfil nutricional y fisicoquímico favorable, destacándose el alto contenido de proteína y fibra total, atributos asociados al elevado valor biológico y potencial funcional de la quinua. En contraste, los contenidos de grasa y ceniza fueron moderados, indicando una composición equilibrada. Asimismo, los valores de pH y acidez titulable reflejaron condiciones adecuadas de estabilidad y aceptabilidad sensorial, sugiriendo el potencial de esta bebida como alternativa funcional y nutritiva dentro del mercado de productos vegetales.



Figura 1. Perfil físico químico de la harina

3.3. Análisis estadístico de la Bebida

Potencial de hidrogeno (pH)

El ANOVA evidenció que el contenido de panela (Factor A) presentó un efecto significativo sobre la variable respuesta ($p < 0,01$), identificándose como el principal factor de influencia dentro de la formulación de la bebida. En contraste, el contenido de harina de quinua (Factor B) y la interacción $A \times B$ no mostraron diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$), indicando que las variaciones en los niveles de harina no modificaron sustancialmente el comportamiento del sistema experimental. Estos resultados sugieren que la optimización del producto depende principalmente del control de la concentración de panela como variable tecnológica crítica (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis de varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados (SC)	gl	Cuadrado medio (CM)	F	Sig. (p-valor)
Factor A (Panela)	0,2431	1	0,2431	14,41	0,0035 **
Factor B (Harina)	0,0818	2	0,0409	2,43	0,1379 NS
Interacción $A \times B$	0,0812	2	0,0409	2,43	0,1381 NS

Solidos Solubles (°Brix)

El ADEVA (tabla 6) probó que el factor B (harina de quinua) presentó un efecto altamente significativo sobre la variable respuesta ($F = 1562,86$; $p < 0,001$), evidenciando su influencia en las propiedades funcionales y estructurales de la bebida, particularmente en la estabilidad, textura y densidad del sistema. No obstante, el efecto de la panela fue superior, identificándose como la variable de mayor impacto dentro del diseño experimental. Los elevados valores de F obtenidos en ambos factores reflejan una alta precisión experimental y baja variabilidad residual, confirmando la confiabilidad estadística de los resultados. En conjunto, los hallazgos demuestran que la optimización de la bebida depende principalmente del equilibrio entre el nivel de endulzamiento y la concentración de harina de quinua.

Tabla 6. Análisis de Varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados (SC)	gl	Cuadrado medio (CM)	F	Sig. (p-valor)
Factor A (Panela)	76,4672	1	76,4672	10923,90	0,0000 **
Factor B (Harina)	21,8800	2	10,9400	1562,86	0,0000 **

Densidad

El ANOVA (tabla 7) mostró que tanto el contenido de panela como la concentración de harina de quinua ejercieron efectos altamente significativos sobre la variable respuesta ($p < 0,001$), siendo la panela el factor de mayor influencia dentro del sistema experimental ($F = 819,30$). Asimismo, la harina de quinua presentó una contribución significativa en las propiedades funcionales y fisicoquímicas de la bebida ($F = 95,36$). La interacción $A \times B$ también resultó significativa ($p = 0,0108$), evidenciando un efecto combinado entre ambos factores sobre la respuesta evaluada. Los elevados valores de F reflejan baja variabilidad residual y alta consistencia experimental, confirmando la robustez estadística del modelo y la necesidad de optimizar conjuntamente el nivel de endulzamiento y la concentración de harina para mejorar la estabilidad y calidad del producto final.

Tabla 7. Análisis de varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados (SC)	gl	Cuadrado medio (CM)	F	Sig. (p-valor)
Factor A (Panela)	5033,391	1	5033,391	819,30	0,0000 **
Factor B (Harina)	1634,332	2	817,172	95,36	0,0000 **
Interacción $A \times B$	40,782	2	20,397	2,37	0,0108 **

3.4. Análisis sensorial

La evaluación sensorial evidenció diferencias significativas entre las formulaciones analizadas, destacándose la bebida de quinua + panela fermentada como el tratamiento con mayor aceptación global, particularmente en sabor, textura y aceptabilidad general. La combinación de quinua y panela generó un efecto sinérgico sobre las propiedades organolépticas, el cual se intensificó tras la fermentación, favoreciendo el desarrollo de compuestos aromáticos y atributos sensoriales más agradables para el consumidor. El tratamiento control presentó las puntuaciones más bajas en la mayoría de los atributos evaluados, especialmente en dulzor y aceptabilidad. La incorporación individual de panela incrementó notablemente el dulzor y el color, mientras que la formulación quinua + panela sin fermentación mostró mejoras sustanciales en sabor y aceptabilidad, evidenciando el aporte combinado de compuestos volátiles, azúcares reductores y componentes funcionales de la matriz alimentaria (Figura 2).

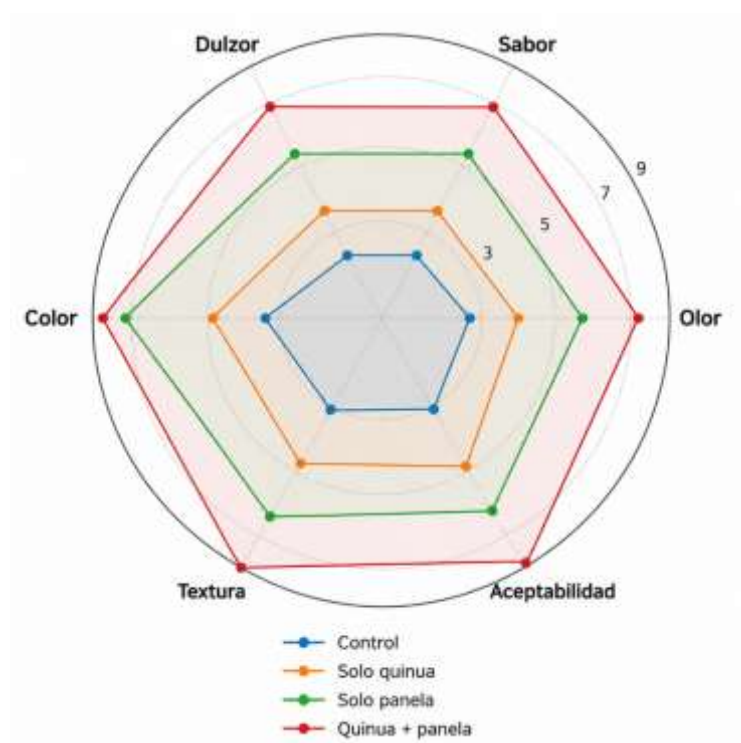


Figura 2. Perfil sensorial

3.4. Análisis microbiológico

La cuantificación de mohos y levaduras evidenció diferencias entre los tratamientos evaluados, con recuentos que oscilaron entre 0 y 4 UFC/g (Figura 5). En términos generales, todos los valores se ubicaron dentro de un rango bajo (1–5 UFC/g), lo que indica una carga microbiológica mínima y condiciones higiénico-sanitarias adecuadas durante el procesamiento. El tratamiento A2B3 presentó ausencia total de crecimiento microbiano (0 UFC/g), lo que sugiere un posible efecto inhibitorio asociado a su formulación específica o a condiciones tecnológicas que limitaron la proliferación fúngica. Este resultado es particularmente relevante desde el punto de vista de estabilidad microbiológica y vida útil. Los tratamientos A1B1 y A3B1 mostraron recuentos de 1 UFC/g, mientras que A3B3 registró 2 UFC/g, indicando niveles muy bajos de contaminación ambiental o residual. Por su parte, A2B1 y A2B2 alcanzaron 3 UFC/g, manteniéndose aún dentro de un rango considerado microbiológicamente aceptable para productos alimentarios de baja actividad de agua o con componentes azucarados. Los valores más altos (4 UFC/g) se observaron en A1B2, A1B3 y A3B2. No obstante, estos recuentos siguen siendo reducidos y corresponden a conteos mínimos, sin evidencia de proliferación significativa ni riesgo sanitario inmediato (Figura 3).

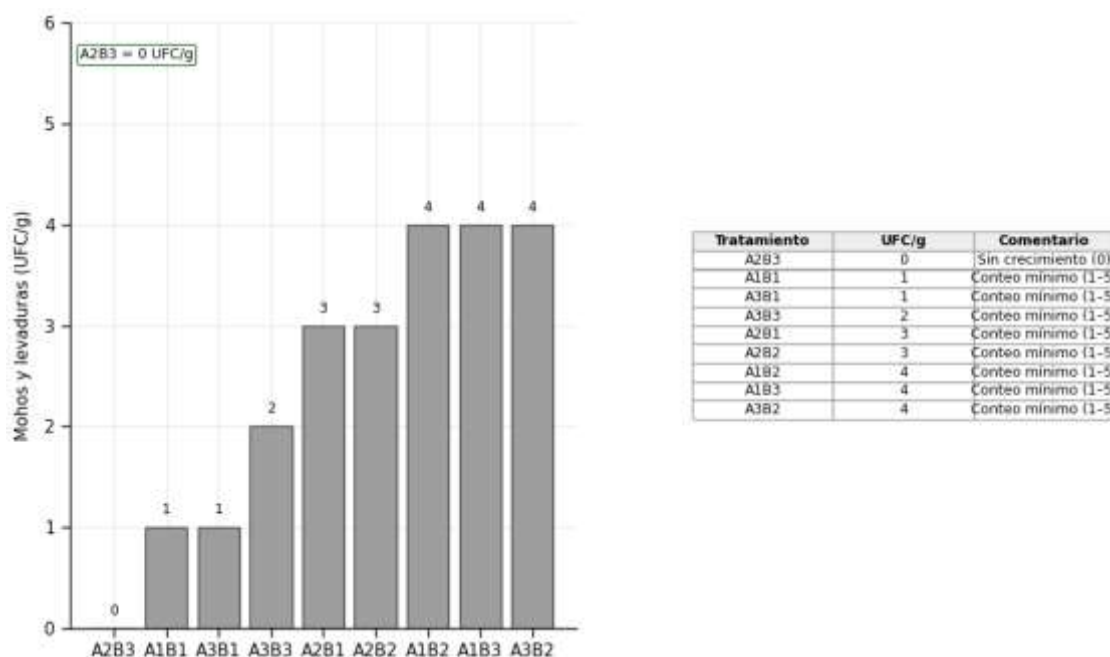


Figura 3. Análisis microbiológico

4. DISCUSIÓN

Los resultados del ADEVA evidenciaron que la panela constituyó el principal factor responsable de la variabilidad del sistema ($F = 819,30$), seguida por la harina de quinua ($F = 95,36$), mientras que la interacción entre ambos factores, aunque significativa, presentó una magnitud menor ($F = 2,37$; $p < 0,01$). Estos hallazgos coinciden con investigaciones sobre bebidas funcionales endulzadas con panela, donde se ha reportado que su elevado contenido de sólidos solubles, minerales y compuestos bioactivos influye directamente sobre las propiedades fisicoquímicas del producto, particularmente el pH y la estabilidad del sistema ((Panchi Cisneros, 2023). No obstante, el efecto significativo del porcentaje de panela sobre el pH no puede atribuirse exclusivamente a su contenido mineral, ya que, si bien la sacarosa su componente mayoritario presenta un comportamiento esencialmente neutro desde el punto de vista ácido-base, la panela contiene además ácidos orgánicos, compuestos fenólicos y otros constituyentes capaces de influir sobre el equilibrio químico del sistema y modificar el pH de la bebida.

El tratamiento A2B2 (13 % panela y 3 % harina) presentó el valor de pH más bajo (5,99); sin embargo, este resultado se mantuvo por encima del rango recomendado por la FAO ($<4,2$) para bebidas seguras sin tratamientos adicionales, lo que evidencia la necesidad de aplicar procesos complementarios de conservación, como pasteurización o acidificación controlada. Este comportamiento concuerda con lo reportado por Arango (2016), quien observó que el incremento de sólidos solubles provenientes de la panela puede modificar el pH debido a la presencia de compuestos minerales y sustancias orgánicas presentes en el endulzante. De manera similar, Pariona Quispe (2025) indicó que la incorporación de pseudocereales en bajas concentraciones no genera alteraciones significativas en la acidez del producto, lo cual explica la limitada influencia estadística de la harina de quinua observada en el presente estudio.

Asimismo, investigaciones sobre bebidas fermentadas a base de cereales y pseudocereales han reportado reducciones importantes del pH ($<4,0$) asociadas a la producción de ácidos orgánicos durante la fermentación (Zambrano-Díaz et al., 2025), demostrando que este proceso biotecnológico constituye una alternativa eficaz para mejorar la inocuidad microbiológica y estabilidad del producto (Torres Suarez et al., 2024). En este contexto, Condori Lucas (2024) señaló

que la quinua malteada favorece la estabilidad fisicoquímica y sensorial de mezclas funcionales, mientras que Enrique Estrella et al. (2025) enfatizaron que la seguridad de bebidas funcionales depende no solo de su composición nutricional, sino también del control de parámetros críticos como el pH y la actividad microbiológica.

En relación con los sólidos solubles, los resultados confirmaron que tanto la panela como la harina de quinua ejercieron efectos significativos sobre la variable de respuesta, aunque con predominio del componente edulcorante. Estudios previos realizados por Apaza Gonzales & Fuentes Vargas (2025) demostraron que la panela influye notablemente sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de bebidas nutritivas formuladas con quinua malteada, particularmente en parámetros relacionados con acidez y aceptabilidad. De igual forma, Catire Najarro (2022) destacó que la proporción de cereales y edulcorantes determina cambios importantes en el pH, estabilidad microbiológica y percepción sensorial de bebidas funcionales y fermentadas.

La evaluación sensorial evidenció que la combinación de panela y harina de quinua mejoró significativamente atributos como sabor, dulzor y aceptabilidad general, especialmente en las formulaciones combinadas. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Apaza Gonzales & Fuentes Vargas (2025), quienes encontraron perfiles sensoriales superiores en bebidas elaboradas con quinua y panela debido al aporte de compuestos aromáticos y azúcares naturales. Asimismo, Benavides et al. (2023) indicó que la incorporación de pseudocereales incrementa la complejidad sensorial de bebidas funcionales, mejorando atributos relacionados con olor y sabor. Investigaciones recientes sobre fermentación de quinua y otros cereales, de igual modo Santamaría et al. (2026) demostraron además que los procesos fermentativos favorecen la liberación de compuestos volátiles y ácidos orgánicos responsables de mejoras en textura y aceptabilidad sensorial. Del mismo modo, Aldana (2005) destacó el efecto positivo de la panela sobre el color y dulzor, atributos que en este estudio alcanzaron valores elevados.

Desde el punto de vista microbiológico, el tratamiento óptimo A2B3 (13 % panela y 4,5 % harina de quinua) presentó ausencia total de mohos y levaduras (0 UFC/g), evidenciando condiciones adecuadas de inocuidad y estabilidad microbiológica. Estos resultados son consistentes con los lineamientos internacionales de seguridad alimentaria, que establecen la necesidad de implementar Buenas Prácticas de Higiene y sistemas preventivos basados en HACCP para controlar microorganismos alterantes y patógenos (The Food Tech, 2023). En concordancia, la normativa alimentaria europea fundamentada en el Codex Alimentarius establece que la inocuidad microbiológica depende del control integral del proceso, incluyendo variables como pH, actividad de agua, temperatura y composición del producto (European Commission, 2026). En conjunto, los resultados obtenidos confirman que la formulación desarrollada, complementada con tratamientos térmicos adecuados, presenta potencial para la elaboración de bebidas funcionales seguras, sensorialmente aceptables y tecnológicamente estables.

CONCLUSIONES

La caracterización fisicoquímica y sensorial de la bebida funcional elaborada con harina de quinua y panela evidenció que el producto posee propiedades nutricionales, tecnológicas y organolépticas favorables. La harina de quinua destacó por su elevado contenido de proteína y fibra, mientras que la panela influyó significativamente sobre variables fisicoquímicas como pH, sólidos solubles y densidad. Sensorialmente, las formulaciones combinadas de quinua y panela presentaron mayor aceptación en atributos de sabor, dulzor, textura y aceptabilidad general, especialmente tras el proceso de fermentación. Además, los bajos recuentos microbiológicos confirmaron condiciones adecuadas de inocuidad y estabilidad del producto. En conjunto, los resultados demuestran el

potencial de esta bebida como alternativa funcional de origen vegetal con aplicaciones en la industria alimentaria.

FINANCIAMIENTO

Los autores no recibieron ningún patrocinio para llevar a cabo este estudio-artículo.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: Domínguez, V.

Curación de datos: Enríquez, M.

Análisis formal: Bonilla, A.

Investigación: Domínguez, V., Radice, M.

Metodología: Basantes, E.

Software: Villafuerte, F.

Redacción - borrador original: Ruiz, H.

Redacción - revisión y edición: Enríquez, M., Domínguez, V.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aldana, A. (2005). *Aspectos sensoriales, regulación y efectos sobre la salud de los edulcorantes bajos en calorías: una revisión sistemática*.

Amanta, J. J., & Chicaiza, K. A. (2024). *Evaluación de las propiedades funcionales y nutricionales de harinas precocidas de dos variedades de quinoa (Chenopodium quinoa) INIAP tunkahuan e INIAP excelencia*.

Apaza Gonzales, D. R., & Fuentes Vargas, R. B. (2025). *Efecto del ultrasonido sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de la bebida nutritiva a partir de quinua malteada (Chenopodium quinoa wild) y zumo de naranja (Citrus sinensis) endulzada con panela (Saccharum officinarum L)*.

Arango, R. (2016). *Análisis de alternativas para el reemplazo de azúcares en alimentos procesados y ultraprocesados* (Vol. 4, Number 1).

Balquinta, M. L. (2025). *Aprovechamiento de fuentes alternativas de componentes funcionales en el desarrollo de sistemas alimentarios emulsionados*.

Bellio Lyle, C. A., & Ycaza Arosemena, R. (2007). *Proyecto de producción, exportación y mercadeo de una bebida de quinua orgánica, como una alternativa de diversificación de la oferta exportable del Ecuador*.

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/56026/1/T-112393> ACOSTA RONQUILLO - ARBOLEDA FLORES.pdf

Benavides, R. M., Rodríguez, I., & Inampué, M. (2023). Functional, nutritional, and technological potential of quinoa through lactic acid fermentation: a review. *Ingeniería y Competitividad*, 25(3). <https://doi.org/10.25100/iyc.v25i3.12693>

Campos-Rodriguez, J., Acosta-Coral, K., & Paucar-Menacho, L. M. (2022). Quinoa (Chenopodium quinoa): Nutritional composition and bioactive compounds of grain and leaf, and impact of heat treatment and germination. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), 209–220. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.019>

- Cárdenas Palomino, G. F. (2018). *Análisis de la domesticación milenaria de animales y plantas andinas, en la construcción de la visión histórica de la Cuenca del Titicaca*. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Catire Najarro, E. D. (2022). *Consumo de bebidas elaboradas con edulcorantes y glucemia en pobladores adultos del AA. HH José Olaya Balandra – Chorrillos, 2022*.
- Condori Lucas, M. (2024). *Evaluación de polifenoles y capacidad antioxidante de una bebida funcional de quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow) malteada variedad Junín y cascarrilla de cacao (*Theobroma cacao* L.)*. <https://orcid.org/0000-0002-8547-6897>
- Egusquiza Santos, E. I. (2024). *Caracterización fisicoquímica, propiedades funcionales de la harina de cáscara de *Passiflora edulis* (maracuyá) y evaluación de la textura, color y sensorial en galletas*. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1507>
- Enrique Estrella, M. A., El Salous, A., Torres Rodríguez, S. H., & Ricaurte Ortiz, P. S. (2025). *Plantas medicinales y funcionales de la Amazonía ecuatoriana: principios bioactivos y usos aplicados*.
- Enríquez-Estrella, M., Torres-Caicedo, L., Monar-Vega, K., & Uvidia-Cavadiana, H. (2022). Functional foods: the trend of consumption of the 21st century. *Revista Científica Agropecuaria RECIENA*, 0–2.
- Enríquez Estrella, M. Á., Remache Sarabia, L. X., Vargas Peralvo, E. A., & Ruíz Marmol, H. P. (2020). Elaboración de una bebida de soya (*Glycin max*) y morocho blanco (*Zea Mays*) variedad morochon como una alternativa para consumo de proteína vegetal. *Revista Amazónica. Ciencia y Tecnología*, 9(1), 67–79. <https://doi.org/10.59410/RACYT-v09n01ep04-0127>
- European Commission. (2026). *Microbiological criteria - Food Safety - European Commission*. https://food.ec.europa.eu/food-safety/biological-safety/food-hygiene/microbiological-criteria_en
- FAO. (1992). Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492. *Producción y Protección Vegetal*, 26, 345.
- Fernández, N. (2024). *Desarrollo de matrices funcionales para alimentos a base de cereales, frutas, semillas y miel*. 1–361. https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/175224/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- García-Hernández, A., & Rodríguez-Hernández, G. (2023). Bebidas vegetales y sus aportes funcionales. *Revista Ciencia e Innovación Agroalimentaria de La Universidad de Guanajuato*, 3(1), 31–48. <https://doi.org/10.15174/cia.v3i1.33>
- Liborio-Aldana, G. E., Casteñeda-Ovando, A., Jaguey-Hernández, Y., Romo-Gómez, C., Contreras-López, E., Jaimez-Ordaz, J., & Tapia-Ignacio, C. (2024). Evaluación de la calidad microbiológica del aguamiel y pulque de San Agustín Tlaxiaca, Hgo., México. *Journal of Basic Sciences*, 10(29).
- Lopez Yana, N. E. (2025). *Influencia de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) malteada y sin maltear en las características fisicoquímicas, proximal y capacidad antioxidante de una bebida funcional a partir de papayita andina (*Carica pubescens*)*.
- Merizalde Suárez, B. A. (2023). Caracterización agro socio económica de los productores de chocho (*Lupinus mutabilis*) involucrados en el proyecto iniap fiasa, semillas andinas en las provincias de Chimborazo, Cotopaxi e Imbabura. 2022–2023. In *Universidad Técnica De Cotopaxi Facultad*.
- Oliva, M., & Rimachi, S. (2017). Desarrollo de prototipos de panela granulada orgánica utilizando

saborizantes y colorantes naturales en el Distrito de Santa Rosa (Amazonas). *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 1(3), 53–58.
<https://doi.org/10.25127/aps.20173.374>

- Panchi Cisneros, A. J. (2023). *Elaboración de chocolate con higo maduro deshidratado y hoja seca del higo (Ficus carica L) como una alternativa de aperitivo para la reducción del consumo de azúcar convencional*.
- Pariona Quispe, L. S. (2025). *Efecto de la inclusión de harina de quinua (Chenopodium quinoa W.) y extracto de acelga (Beta vulgaris L.) en las características fisicoquímicas y sensoriales de galletas* (Vol. 1). <https://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5720>
- Paucarchuco Soto, J., & Vilchez De la Cruz, J. E. (2024). Aplicación alimentaria de la quinua germinada y valorización de sus propiedades nutricionales, biológicas y funcionales: Una revisión sistemática. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 26(2), 105–118. <https://doi.org/10.18271/ria.2024.599>
- Peralta, E. (2009). *La quinua en el Ecuador “Estado del Arte.”* (1965), 1–23.
- Santamaría, C., Polo, A., Rodríguez, D., & Álvarez, B. (2026). Generación de aromas y sabores en alimentos: una revisión de sus principales rutas metabólicas. *Revista Científica Vida Natural*, 3(2). <https://doi.org/10.59722/rcvn.v3i2.994>
- Sucasaca, Ri. (2022). *Caracterización agronómica y morfológica de las accesiones de quinua (Chenopodium quinoa Willd) obtenidas ancestralmente vía descriptor bioversity international*. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Torres Suarez, W. J., Otárola Gamarra, A., Ponce-Rosas, F. C., Murillo- Baca, S. M., Buendía-Ponce, H. R., Rodríguez Huatay, J. H., & Zambrano Díaz, M. C. (2024). La doble fermentación en la mejora de la calidad sensorial del café (Coffea arabica). *Manglar*, 21(2), 161–167. <https://doi.org/10.57188/manglar.2024.016>
- Zambrano-Díaz, M. C., Torres Suarez, W. J., & Ibañez Ojeda, J. (2025). La fermentación láctica mejora la calidad de taza del café (Coffea arabica L.). *Manglar*, 22(2), 255–264. <https://doi.org/10.57188/manglar.2025.027>