

Innovación

en la elaboración de waffles utilizando cultivos agrícolas: aprovechamiento del plátano verde, la yuca y el plátano maduro

Innovation in the preparation of waffles using agricultural crops: use of green plantain, cassava and ripe plantain

Recibido: 24/04/24

Aceptado: 24/05/25

Publicado: 29/05/25

Diego Armando Freire Muñoz^{1*}

E-mail: diegofreire@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2806-9662>

Joselin Anahí Chango Saltos²

E-mail: joselincs88@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5091-4983>

Johan Sebastián Llerena Jaya²

E-mail: johanlj29@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2687-2413>

¹ Universidad Autónoma Regional de Los Andes, Ambato, Ecuador.

² Universidad Regional Autónoma de Los Andes: UNIANDES, Ecuador.

*Autor para correspondencia:

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Freire Muñoz, D. A., Chango Saltos, J. A. y Llerena Jaya, J. S. (2025). Innovación en la elaboración de waffles utilizando cultivos agrícolas: aprovechamiento del plátano verde, la yuca y el plátano maduro. *Revista Científica Agroecosistemas*, 13, e772. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/772>

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar la viabilidad del uso de plátano verde, plátano maduro y yuca en la elaboración de waffles, con el fin de obtener un producto con características sensoriales y nutricionales mejoradas. Se empleó una metodología experimental en la que se formularon diversas mezclas de los ingredientes mencionados, evaluando sus características físico-químicas, sensoriales y nutricionales. Los resultados obtenidos demostraron que la combinación de plátano y yuca mejoró tanto la textura como el sabor del waffle, además de aportar una mayor cantidad de fibra y estabilidad estructural al producto final. Las conclusiones destacan el potencial de estos cultivos en la industria alimentaria, así como su capacidad para fortalecer la economía rural. Se recomienda continuar con investigaciones orientadas a la optimización de la conservación de estos ingredientes y su incorporación en otros productos de panificación.

Palabras clave:

Plátano, Nutricionales, Optimización, Ingredientes, Industria alimentaria, Economía rural.

ABSTRACT

The research aimed to evaluate the feasibility of using green banana, ripe banana, and cassava in the production of waffles, with the goal of obtaining a product with improved sensory and nutritional characteristics. An experimental methodology was employed, where various mixtures of the mentioned ingredients were formulated, and their physicochemical, sensory, and nutritional characteristics were evaluated. The results showed that the combination of banana and cassava improved both the texture and flavor of the waffle, in addition to providing higher fiber content and structural stability to the final product. The conclusions highlight the potential of these crops in the food industry and their capacity to strengthen rural economies. Further research is recommended to optimize the preservation of these ingredients and incorporate them into other bakery products.

Keywords:

Banana, Nutritional, Optimization, Ingredients, Food industry, Rural economy.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de productos alimenticios innovadores a partir de cultivos tradicionales ha cobrado relevancia en la industria agroalimentaria, impulsado por la búsqueda de alternativas más sostenibles y nutricionalmente equilibradas (Gómez & Soto, 2023). En este contexto, el plátano verde (*Musa paradisiaca*), la yuca (*Manihot esculenta*) y el plátano maduro (*Musa paradisiaca*), representan fuentes esenciales de carbohidratos, fibra y compuestos bioactivos, con un amplio potencial para la formulación de productos de panificación (Montero et al., 2022). La incorporación de estos ingredientes en la elaboración de waffles surge como una estrategia para diversificar el uso de materias primas agrícolas y aportar valor agregado a la producción local.

En los últimos años, diversas investigaciones han explorado la utilización de harinas alternativas en la producción de productos horneados, demostrando mejoras en el perfil nutricional y en las características sensoriales de los alimentos. Estudios previos han evidenciado que la harina de plátano verde contribuye a la reducción del índice glucémico de los productos elaborados, mientras que la yuca ofrece una textura más esponjosa debido a su alto contenido de almidón resistente (Sandoval et al., 2024). Adicionalmente, el plátano maduro aporta compuestos fenólicos y azúcares naturales, mejorando el sabor y la aceptabilidad del producto final.

A pesar de estos avances, la literatura aún presenta vacíos en cuanto a la caracterización integral de waffles elaborados a partir de estos ingredientes, especialmente en términos de su impacto nutricional y sensorial. Por ello, este estudio tiene como propósito desarrollar y evaluar waffles elaborados con plátano verde, yuca y plátano maduro, analizando sus propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales.

El presente trabajo es relevante en el ámbito de la investigación agroalimentaria, ya que contribuye al conocimiento sobre el aprovechamiento de cultivos tradicionales en la generación de alimentos funcionales y sostenibles. Asimismo, los resultados obtenidos pueden servir de base para futuras investigaciones y para la industria alimentaria interesada en diversificar su oferta con productos de mayores valores nutricionales y adaptados a las tendencias de consumo saludable.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y experimental, con un énfasis en la valorización agrícola de cultivos tradicionales como el plátano verde, el plátano maduro y la yuca (Faneite, 2023). Se buscó no solo evaluar su aplicación en la producción de waffles, sino también analizar su potencial como ingredientes funcionales en la agroindustria de productos derivados de raíces y frutos tropicales.

Para ello, se implementó un diseño factorial completamente aleatorizado (Rodríguez et al., 2024), considerando variaciones en la proporción de los ingredientes principales y su impacto en la calidad sensorial, nutricional y estructural

del producto final. El proceso incluyó el manejo postcosecha de las materias primas, su transformación en harinas y la caracterización de los waffles obtenidos (Vázquez et al., 2024).

Las materias primas utilizadas en este estudio fueron obtenidas de fincas agroecológicas y mercados rurales locales, asegurando su procedencia de sistemas agrícolas sostenibles. Se seleccionaron ejemplares con base en los siguientes criterios: (Tabla 1.)

Tabla 1: Procedencia de las materias primas.

Ingrediente	Procedencia	Criterios de selección
Plátano verde	Cultivos agroecológicos	Madurez intermedia, tamaño uniforme, libre de enfermedades
Plátano maduro	Pequeñas fincas familiares	Color amarillo con manchas negras, textura firme
Yuca	Producción de sistemas agroforestales	Raíces frescas, sin signos de fermentación, sin fisuras

Fuente: Elaboración propia

Cada materia prima fue sometida a procesos de manejo postcosecha con el fin de minimizar pérdidas y optimizar su uso en la agroindustria de alimentos. El plátano y la yuca fueron lavados, pelados y troceados antes de ser deshidratados y molidos para la obtención de harinas agroindustriales de alto valor agregado.

Para evaluar el potencial de estos cultivos en la producción de waffles, se establecieron cinco formulaciones con variaciones en la proporción de ingredientes, destacando la capacidad de cada uno para aportar características específicas al producto final. (Tabla 2.)

Tabla 2: Formulaciones con variaciones en la proporción de ingredientes.

Tratamiento	Plátano verde (%)	Plátano maduro (%)	Yuca (%)	Propósito agrícola
T1	50	30	20	Aprovechamiento de cultivos de ciclo corto
T2	40	40	20	Diversificación de productos derivados del plátano
T3	30	50	20	Incremento del valor agregado en productos agroindustriales
T4	60	20	20	Promoción del uso de cultivos resistentes a sequías
T5	45	35	20	Sostenibilidad en sistemas agroalimentarios

Fuente: Elaboración propia

Cada formulación se mezcló con ingredientes complementarios como huevos, leche y azúcar en proporciones estándar. La mezcla se homogenizó en batidoras industriales y se coció en wafleras de hierro fundido a 180°C por 4 minutos, imitando condiciones tradicionales de cocción en comunidades rurales (Niño Daza et al., 2021).

Se llevó a cabo un análisis sensorial con la participación de 30 jueces semientrenados (Mendoza & Leyva, 2023), en su mayoría productores agrícolas y consumidores locales, con el fin de evaluar la aceptación del producto desde una perspectiva agroalimentaria. Se empleó una escala hedónica de 9 puntos, donde 1 representaba “me desagrada mucho” y 9 “me gusta muchísimo”.

Los atributos evaluados fueron:

- Color y apariencia, considerando la percepción del consumidor sobre alimentos derivados de cultivos nativos.
- Aroma y sabor, destacando las notas características de cada ingrediente.
- Textura, comparando con productos similares a base de trigo.
- Aceptabilidad general, analizando el potencial de comercialización en mercados locales y agrícolas.

El análisis se realizó en un entorno controlado, pero se incluyó una fase en ferias agrícolas para evaluar la percepción de consumidores en entornos rurales.

Para determinar la viabilidad agroindustrial de los waffles, se realizaron análisis fisicoquímicos siguiendo métodos estandarizados de la AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (Tabla 3.)

Tabla 3: Análisis fisicoquímicos.

Parámetro	Método de análisis	Importancia agrícola
Humedad	Secado en estufa (AOAC 925.10)	Determina la vida útil del producto
Proteína	Método de Kjeldahl (AOAC 960.52)	Aporta datos sobre el valor nutricional para poblaciones rurales
Grasas	Extracción Soxhlet (AOAC 920.39)	Relacionado con la estabilidad y conservación del producto
Carbohidratos	Diferencia	Evalúa el aporte energético de cultivos tradicionales
Fibra	Método de Van Soest (AOAC 962.09)	Destaca el beneficio del consumo de tubérculos y frutas tropicales

Fuente: Elaboración propia

Para evaluar la estructura del producto, se emplearon métodos instrumentales (Zumbado Fernandez, 2022):

1. Análisis de textura: Se utilizó un texturómetro digital para medir la firmeza y crocancia de los waffles, con el fin de determinar su comportamiento en comparación con productos a base de trigo.
2. Análisis de color: Mediante un espectrofotómetro de reflectancia, se evaluaron los valores de luminosidad (L), cromaticidad en rojo-verde (a), y cromaticidad en azul-amarillo (b), asegurando que el producto fuera atractivo visualmente en mercados agroecológicos.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante el software SPSS (Jalolov, 2024), aplicando:

- Análisis de Varianza (ANOVA), para identificar diferencias significativas entre formulaciones.
- Prueba de Tukey para comparar medias y seleccionar la formulación más aceptada.
- Correlaciones de Pearson para analizar la relación entre propiedades fisicoquímicas y atributos sensoriales.

Además, se realizaron encuestas en ferias agrícolas y mercados locales para evaluar la percepción de productores sobre la viabilidad de estos ingredientes en la agroindustria alimentaria.

Con el objetivo de garantizar la repetibilidad de este estudio en otras comunidades agrícolas, se documentaron detalladamente:

- Los criterios de selección de materias primas y su manejo postcosecha.
- El proceso de transformación en harinas y formulación de waffles.
- Los análisis realizados y su impacto en la sostenibilidad del sector agroindustrial.

Los resultados de esta investigación buscan fomentar la diversificación de cultivos tradicionales en la producción de alimentos innovadores, promoviendo una mayor rentabilidad y sostenibilidad en sistemas agroalimentarios.

RESULTADOS-DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la prueba sensorial mostraron una alta aceptación por parte de los jueces evaluadores, en especial en las formulaciones con mayor contenido de plátano maduro. Se observó que los panelistas prefirieron los tratamientos con un equilibrio entre plátano verde y maduro, lo que sugiere que la combinación de ambos contribuyó a mejorar el aroma y el sabor del producto final. (Tabla 4.)

Tabla 4: Puntajes obtenidos para cada atributo evaluado.

Tratamiento	Color	Aroma	Sabor	Textura	Aceptabilidad general
T1 (50% PV, 30% PM, 20% Y)	7.2 ± 0.4	7.5 ± 0.3	7.3 ± 0.5	6.8 ± 0.6	7.1 ± 0.4
T2 (40% PV, 40% PM, 20% Y)	7.8 ± 0.3	8.1 ± 0.4	8.4 ± 0.5	7.3 ± 0.3	8.2 ± 0.5
T3 (30% PV, 50% PM, 20% Y)	8.2 ± 0.4	8.3 ± 0.5	8.7 ± 0.3	7.6 ± 0.4	8.5 ± 0.4
T4 (60% PV, 20% PM, 20% Y)	6.9 ± 0.5	7.0 ± 0.4	6.8 ± 0.6	7.1 ± 0.3	6.7 ± 0.5
T5 (45% PV, 35% PM, 20% Y)	7.5 ± 0.3	7.8 ± 0.4	8.0 ± 0.3	7.4 ± 0.3	7.9 ± 0.4

Fuente: Elaboración propia

Los valores de aceptación oscilaron entre 6.7 y 8.5 puntos, lo que indica que todos los tratamientos fueron bien recibidos. La formulación T3 fue la más aceptada debido a su mayor contenido de plátano maduro, lo que se alinea con estudios previos que destacan su impacto positivo en la textura y dulzura de productos de panificación.

Los resultados del análisis fisicoquímico mostraron diferencias significativas en la composición nutricional de los waffles según la proporción de los ingredientes utilizados. (Tabla 5.)

Tabla 5: Resultados del análisis fisicoquímico.

Tratamiento	Humedad	Proteína	Grasas	Carbohidratos	Fibra
T1	30.4 ± 1.2	5.6 ± 0.4	8.3 ± 0.5	52.7 ± 1.5	3.0 ± 0.3
T2	29.8 ± 1.0	5.8 ± 0.3	8.5 ± 0.4	53.2 ± 1.3	3.2 ± 0.4
T3	28.5 ± 1.1	6.0 ± 0.5	9.1 ± 0.3	54.1 ± 1.2	3.5 ± 0.3
T4	31.2 ± 1.3	5.2 ± 0.4	8.0 ± 0.4	51.9 ± 1.5	2.9 ± 0.3
T5	29.3 ± 1.1	5.7 ± 0.3	8.7 ± 0.5	53.5 ± 1.3	3.3 ± 0.4

Fuente: Elaboración propia

La reducción del contenido de humedad en el tratamiento T3 sugiere una mejor estabilidad del producto, lo que puede traducirse en una mayor vida útil. Además, el mayor contenido de plátano maduro incrementó ligeramente el nivel de carbohidratos, lo que es consistente con estudios previos sobre su composición rica en almidón y azúcares naturales.

Los parámetros de textura indicaron que los waffles con mayor proporción de plátano maduro presentaron una estructura más esponjosa y menos quebradiza, mientras que los que contenían más plátano verde tendieron a ser más densos y firmes.

Los análisis instrumentales confirmaron que el índice de firmeza fue menor en los tratamientos con mayor contenido de plátano maduro, lo que respalda su preferencia en la evaluación sensorial.

En cuanto al color, los valores de L (luminosidad), disminuyeron en los tratamientos con más plátano maduro, debido a la presencia de carotenoides y azúcares que favorecen el pardeamiento durante la cocción.

Los resultados obtenidos muestran que la combinación de plátano verde, plátano maduro y yuca permite la obtención de un producto con buenas propiedades nutricionales y

sensoriales, reforzando la viabilidad de estos cultivos en la agroindustria de productos derivados.

Estudios previos han demostrado que el plátano maduro mejora la textura y el sabor en productos horneados debido a su contenido de pectinas y azúcares naturales, mientras que el plátano verde aporta almidón resistente, el cual es beneficioso para la digestión.

Además, el uso de harina de yuca permitió mejorar la estabilidad del producto sin afectar su aceptación, lo que coincide con investigaciones sobre el uso de tubérculos en la elaboración de productos sin gluten.

Desde una perspectiva agrícola, estos hallazgos respaldan la necesidad de promover el cultivo y procesamiento de plátano y yuca como alternativa al trigo en regiones donde estos cultivos predominan. Su aprovechamiento en la agroindustria puede incentivar una mayor diversificación productiva y fortalecer la economía rural.

Dado que el uso de plátano y yuca en productos horneados es una estrategia innovadora en el sector agroalimentario, futuras investigaciones podrían centrarse en:

- Evaluar la vida útil de los waffles almacenados bajo diferentes condiciones de humedad y temperatura.

- Analizar la viabilidad de incorporar harinas fermentadas de estos cultivos para mejorar su digestibilidad y contenido proteico.
- Explorar el impacto de la sustitución parcial de ingredientes adicionales, como la reducción de azúcar y grasas.
- Desarrollar estrategias para la producción a mayor escala, optimizando técnicas de procesamiento agrícola.

Los resultados obtenidos refuerzan la importancia del sector agrícola en la innovación de alimentos, permitiendo el desarrollo de productos con alto valor agregado y contribuyendo a la seguridad alimentaria en comunidades rurales.

CONCLUSIONES

La investigación muestra que el uso de plátano verde, plátano maduro y yuca en waffles es viable, mejorando su sabor, textura y valor nutricional, con aporte de fibra y estabilidad. Desde el enfoque agrícola, destaca el potencial de estos cultivos en la industria alimentaria, impulsando la economía rural. Investigaciones futuras podrían optimizar su conservación y explorar nuevas aplicaciones en el sector agroalimentario. El avance de la investigación valida al plátano y la yuca como ingredientes clave para la industria alimentaria, sirviendo como base para su inclusión en nuevos productos. Se sugiere investigar procesos de almacenamiento y técnicas agrícolas para mejorar la calidad y vida útil del producto, ampliando el uso de cultivos alternativos en alimentos innovadores y de alto valor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Faneite, S. F. A. (2023). Los enfoques de investigación en las Ciencias Sociales. *Revista Latinoamericana Ogmios*, 3(8), 82–95. <https://idicap.com/ojs/index.php/ogmios/article/view/226>
- Gómez, A. C. A., & Soto, J. M. S. (2023). Capítulo VIII: Seguridad alimentaria y nutricional a través de la antigua producción agrícola: explorando alternativas de consumo de cereales y leguminosas. *Edición y Compilación*, 80. https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/8608/Congreso_de_Innovacion_competitividad_desarrollo%20sostenible_V.pdf?sequence=4&isAllowed=y#page=88
- Jalolov, T. S. (2024). USE OF SPSS SOFTWARE IN PSYCHOLOGICAL DATA ANALYSIS. *PSIXOLOGIYA VA SOTSIOLOGIYA ILMIY JURNALI*, 2(7), 1–6. <https://bestpublication.net/index.php/psixsot/article/view/30>
- Mendoza, G. R. C., & Leyva, Y. H. L. (2023). Tarea de clasificación en el análisis sensorial de productos alimenticios: una revisión. *Journal of Neuroscience and Public Health*, 3(1), 341–348. <https://revista.uct.edu.pe/index.php/neuroscience/article/view/397>
- Montero, M. L., Rojas-Garbanzo, C., Usaga, J., & Pérez, A. M. (2022). Composición nutricional, contenido de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante hidrofílica de frutas costarricenses seleccionadas. *Agronomía Mesoamericana*, 46175. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v33n2/2215-3608-am-33-02-00014.pdf>
- Niño Daza, L. N., Barrera Tellez, R. L., Cely Cardenas, J. E., Quintero, C., Mora Silva, E., & Mantilla Cuadros, E. E. (2021). *Comida saludable*. <https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/7369>
- Rodríguez, J. D. E., Pérez, R. G. M., Vargas, E. M. N., & Jácome, J. E. A. (2024). Metodologías del Diseño Experimental en Procesos Industriales: Un análisis teórico. *Polo Del Conocimiento*, 9(7), 2758–2787. <https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/7665>
- Sandoval, E. R., Manjarres-Pinzon, G., Castro-Sanchez, A., Lopez-Ochoa, J. D., & Gil-Gonzalez, J. (2024). Efectos del reemplazo parcial de harina de trigo con harina de banano verde sobre las propiedades reológicas de la masa y las propiedades de calidad de pan. *Investigación e Innovación En Ingenierías*, 12(1), 45–54. <https://revistas.unisimon.edu.co/index.php/innovacioning/article/view/6573>
- Vázquez, J. V. P., Romero, J. L. C., & Rodríguez, A. J. L. (2024). World Family Portrait: Women: Bridging vanilla and other biocultural elements of the Totonacapan region; Los paisajes apícolas de la Costa Chica de Guerrero, México; Manejo poscosecha del plátano macho en Tenexpa, Guerrero, México. *Regions and Cohesion*, 14(1), 83–98. <https://www.berghahnjournals.com/view/journals/regions-and-cohesion/14/1/reco140105.xml>
- Zumbado Fernandez, H. M. (2022). Diseño de un libro de texto universitario de Análisis Instrumental de los Alimentos. *Educación Química*, 33(1), 77–89. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-893X2022000100077&script=sci_arttext