



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

TESIS DOCTORAL

**EVALUACIÓN POR MEDIO DE PUNTAJE APGAR A RATAS
RECIÉN NACIDAS, CUANDO LAS MADRES SON
SUPLEMENTADAS CON CARNE OBTENIDA DE ANIMALES
ALIMENTADOS CON YACA (*Artocarpus heterophyllus* Lam.)**

Para obtener el grado de
Doctora en Ciencias Agropecuarias

PRESENTA

M. en C. Liliana Ortega González

Directora

Dra. Maricela Ayala Martínez

Codirector

Dr. Sergio Soto Simental

Santiago Tulantepe de Lugo Guerrero, Hidalgo, a febrero de 2026



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

TESIS DOCTORAL

EVALUACIÓN POR MEDIO DE PUNTAJE APGAR A RATAS RECIÉN NACIDAS, CUANDO LAS MADRES SON SUPLEMENTADAS CON CARNE OBTENIDA DE ANIMALES ALIMENTADOS CON YACA (*Artocarpus heterophyllus* Lam.)

Para obtener el grado de
Doctora en Ciencias Agropecuarias

PRESENTA

M. en C. Liliana Ortega González

Directora

Dra. Maricela Ayala Martínez

Codirector

Dr. Sergio Soto Simental

Asesores

Dr. Roberto González Tenorio

Dr. Héctor Hernández Domínguez

Dr. Gerardo Manuel Nava Morales

Febrero de 2026
Asunto: Autorización de impresión de tesis

Mtra. Ojuky del Rocio Islas Maldonado
Directora de Administración Escolar
Presente

El Comité Tutorial de la TESIS del programa educativo de posgrado titulado "Evaluación por medio de puntaje apgar a ratas recién nacidas, cuando las madres son suplementadas con carne obtenida de animales alimentados con yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.)" realizado por la sustentante M. en C. Liliana Ortega González con número de cuenta 231480 perteneciente al programa de Doctorado en Ciencias Agropecuarias (Modalidad Tradicional), una vez que ha revisado, analizado y evaluado el documento recepcional de acuerdo a lo estipulado en el Artículo 110 del Reglamento de Estudios de Posgrado, tiene a bien extender la presente:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Por lo que la sustentante deberá cumplir los requisitos del Reglamento de Estudios de Posgrado y con lo establecido en el proceso de grado vigente.

Atentamente
"Amor, Orden y Progreso"
Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, febrero de 2026

El Comité Tutorial



Dra. Maricela Ayala Martínez
Directora



Dr. Sergio Soto Simental
Codirector



Dr. Roberto González Tenorio
Miembro del comité



Dr. Héctor Hernández Domínguez
Miembro del comité



Dr. Gerardo M. Nava Morales
Miembro del comité

Dedicatoria

A Dios, quien permitió el inicio y culminación de este proyecto.

Agradecimientos

A Dios, por acompañarme en cada etapa de este camino y sostenerme incluso en los momentos más difíciles.

A mi hija Sofía, por ser el motor más grande de esta vida.

A mis padres, Rosa María y José Asunción, por la vida misma, su acompañamiento y apoyo incondicional.

A mi hermano Alberto, por ser mi mejor compañero de vida y el mejor equipo en todos nuestros proyectos.

Al Dr. Roberto González, quien toda la vida ha sido mi más grande ejemplo profesional y que admiro con todo el corazón.

A mis directores de tesis, la Dra. Maricela Ayala y el Dr. Sergio Soto, por su apoyo incondicional para la realización de este proyecto y por enseñarme tanto. Gracias por todo su tiempo y esfuerzo. Y por siempre tener un abrazo y un consejo en los momentos más difíciles.

A mi asesor, el Dr. Héctor Hernández, por abrirnos las puertas del Bioterio para la realización de este proyecto, por su tiempo y acompañamiento.

A mi asesor, el Dr. Gerardo Nava, por la estancia realizada en la Universidad Autónoma de Querétaro.

Al Dr. Juan Ocampo, por su tiempo, por orientarme y recibirme en su laboratorio para realizar esta investigación.

Al Dr. Juan Pablo Hernández, Dr. Javier Piloni, Dr. Oscar del Razo, Dr. Isaac Almaraz y Dra. Haydé Alfaro, quienes siempre con mucho gusto me prestaron su material, equipos y laboratorios.

A la Dra. Irma Caro y el Dr. Javier Mateo, por recibirme en la Universidad de Valladolid y la Universidad de León, para poder realizar la estancia en España.

A mis amigas Brenda, Margarita y Axicalli, por su tiempo y apoyo incondicional para la realización de muchas de las actividades de este proyecto.

A mis compañeros de Medicina Veterinaria, Ingeniería en Alimentos e Ingeniería Agroindustrial, por su tiempo, esfuerzo y apoyo en muchas ocasiones.

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación, por la beca otorgada para realizar la formación doctoral.

A la Asociación Universitaria Iberoamericana de Postgrado y al Consorcio de Universidades Mexicanas, por la beca otorgada para la realización de la estancia internacional en la Universidad de Valladolid, España.

Índice general

Resumen general.....	1
Introducción general.....	2
Justificación general	3
Hipótesis general	4
Objetivos.....	5
Objetivo general	5
Objetivos específicos.....	5
Aprobación del Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio ...	6
Referencias	7
Capítulo 1. La yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.) como residuo agroindustrial en la alimentación animal: Revisión sistemática.....	9
Resumen.	9
Abstract.....	9
Palabras clave	10
Introducción.....	10
Metodología.....	11
Estadísticas de producción.....	13
Morfología de la yaca.....	14
Características químicas de la yaca	16
Compuestos bioactivos de la yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.)	20
Utilización de la yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.) en la alimentación animal.....	22
Conclusiones.....	24
Referencias	25
Capítulo 2. El aprovechamiento de residuos de yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.) en el rendimiento productivo, calidad de la canal y de la carne de pollos de engorda.	35

Resumen	35
Abstract.....	35
Palabras clave	36
Introducción.....	36
Materiales y métodos.....	38
Diseño experimental	38
Obtención de la yaca.....	38
Alimentación	39
Parámetros productivos	40
Histopatología intestinal.....	41
Calidad de la canal.....	41
Calidad de la carne	42
Análisis sensorial.....	42
Análisis estadístico	43
Resultados y discusión.....	44
Parámetros productivos	44
Histopatología intestinal.....	47
Calidad de la canal.....	48
Calidad de la carne	50
Análisis sensorial.....	51
Conclusión	52
Referencias	53
Capítulo 3. Efecto del polvo de diferentes secciones de la yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.) sobre el rendimiento, los índices sanguíneos, las características de la canal y la calidad de la carne de los conejos.	59
Resumen	59

Abstract.....	59
Palabras clave	60
Introducción.....	60
Materiales y métodos.....	62
Harina de yaca	62
Animales y tratamientos	62
Parámetros productivos	64
Histopatología del intestino delgado	64
Calidad de la canal.....	65
Calidad de la carne	65
Análisis sensorial.....	66
Análisis estadístico	66
Resultados y discusión.....	67
Parámetros productivos	67
Bioquímica sanguínea.....	69
Histología del intestino delgado	71
Calidad de la canal.....	72
Calidad de la carne	75
Análisis sensorial.....	78
Conclusión.....	79
Referencias	80
Capítulo 4. Impacto de la suplementación materna con carne de animales alimentados con yaca sobre la salud neonatal en ratas Wistar.....	87
Resumen	87
Abstract.....	87

Palabras clave	88
Introducción.....	88
Materiales y métodos.....	90
Obtención de carne y preparación	90
Animales experimentales y dietas	90
Crecimiento y consumo de alimento	91
Perfil bioquímico sanguíneo.....	91
Puntaje Apgar	91
Análisis estadístico	92
Resultados y discusión.....	92
Crecimiento y consumo de alimento	92
Perfil bioquímico sanguíneo.....	94
Conclusión.....	99
Referencias	100
Anexos	107
Participación en congresos	107
Artículos publicados.....	108
Actividades de retribución social	110
Cursos	120
Colaboraiones académicas.....	122

Índice de tablas

Capítulo 1

Tabla 1. Características morfológicas de la yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.) y de sus componentes (cáscara, centro, pulpa, semillas y látex).....	15
Tabla 2. Características químicas de la hoja, cáscara, pulpa y látex presentes en la yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.).....	17
Tabla 3. Características químicas de la semilla de yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.).	19
Tabla 4. Actividad biológica de los compuestos bioactivos presentes en la yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.).....	21

Capítulo 2

Tabla 1. Análisis químico proximal de las diferentes secciones de la yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.).....	39
Tabla 2. Ingredientes (g.kg^{-1} de materia seca) y nutrientes calculados de dietas con diferentes partes de yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.) añadidas al alimento para pollos de engorda.	40
Tabla 3. Descriptores con escala (0 a 10) utilizados para evaluar la carne cruda y cocida de pollo.....	43
Tabla 4. Medias de los mínimos cuadrados del comportamiento productivo de pollos alimentados con yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.).....	45
Tabla 5. Medias de los mínimos cuadrados de las características de la canal de pollos alimentados con yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.).....	49
Tabla 6. Medias de los mínimos cuadrados del color de la carne y piel de pollos alimentados con yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.).....	50
Tabla 7. Medias de los mínimos cuadrados del análisis sensorial de carne molida de pollos alimentados con yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.).....	52

Capítulo 3

Tabla 1. Dietas con adición de yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.) para conejos de engorda.	63
Tabla 2. Medias de los mínimos cuadrados de los parámetros productivos de conejos alimentados con yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.).	68
Tabla 3. Medias de los mínimos cuadrados de biometría hemática y química sanguínea de conejos alimentados con yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.).	70
Tabla 4. Medias de los mínimos cuadrados de las características de la canal de conejos alimentados con yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.).	74
Tabla 5. Medias de los mínimos cuadrados del color, pH y capacidad de retención de agua de la carne de conejos alimentados con yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.).	75
Tabla 6. Medias de los mínimos cuadrados de las pérdidas por cocción y análisis de perfil de textura de carne de conejo alimentado con yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.).	77
Tabla 7. Medias de los mínimos cuadrados del análisis sensorial de carne molida de conejo alimentado con yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.).	78

Capítulo 4

Tabla 1. Crecimiento e ingesta de alimento de ratas preñadas cuando se suplementaron con carne de animales alimentados con/sin pulpa de yaca.	93
Tabla 2. Biometría hemática y química sanguínea de ratas antes de la gestación cuando se suplementaron con carne de animales alimentados con/sin pulpa de yaca.	95
Tabla 3. Biometría hemática y química sanguínea de ratas al final de la gestación cuando se suplementaron con carne de animales alimentados con/sin pulpa de yaca.	96
Tabla 4. Número de crías nacidas por hembra y puntaje Apgar cuando las madres fueron suplementadas con carne de animales alimentados con pulpa de yaca.	97

Índice de figuras.

Capítulo 1

Figura 1. Diagrama de flujo para la selección de literatura de las bases de datos ScienceDirect, Wiley, Google Académico, Scopus y Springer Link mediante el método PRISMA, dentro de un periodo de publicación de 2014 al 2024. 12

Figura 2. Resultados del número de artículos identificados durante la revisión bibliográfica en las bases de datos ScienceDirect, Wiley, Google Académico, Scopus y Springer Link mediante el método PRISMA, dentro de un periodo de publicación de 2014 al 2024. 13

Capítulo 2

Figura 1. Intestino delgado de pollos de engorda alimentados con diferentes componentes de yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). 47

Capítulo 3

Figura 1. Intestino delgado de conejos alimentados con diferentes componentes de yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam)..... 72

Resumen general

Introducción: Uno de los objetivos de la Agenda 2030 sobre desarrollo sostenible hace referencia a la salud y bienestar, y dentro de dicho objetivo se indica que se debe disminuir la mortalidad materno-infantil y que todos los niños alcancen su máximo potencial durante los primeros mil días de vida. El consumo de yaca por conejos y pollos de engorda, podría contribuir a mejorar la calidad nutricional de su carne. **Materiales y métodos:** Se realizó una revisión sistemática sobre la utilización de la yaca como residuo agroindustrial en la alimentación animal mediante el método PRISMA. Se adicionó yaca a la alimentación de 220 pollos (Control, 5% semilla, 5% pulpa y 1% cáscara) y 144 conejos (Control, 2.5% semilla, 2.5% pulpa y 2.5% cáscara); se evaluaron parámetros productivos, calidad de la canal y calidad de la carne. Cinco grupos de ratas hembras Wistar (n=5) en gestación fueron alimentadas con 2g de carne (Control, carne de pollo alimentado dieta estándar, carne de pollo alimentado con 5% de pulpa de yaca, carne de conejo alimentado con dieta estándar y carne de conejo alimentado con 2.5% de pulpa de yaca); en las hembras se evaluó peso corporal, consumo de pellets, consumo de carne, biometría hemática y química sanguínea básica, así mismo, en las crías nacidas se evaluó puntaje Apgar. **Resultados:** Los pollos alimentados con cáscara de yaca presentaron mayor peso corporal y mejor conversión alimenticia; la carne de los pollos que consumieron alguna sección de la yaca presentó una coloración más amarilla ($p < 0.05$). Los conejos que consumieron cáscara de yaca obtuvieron un mayor peso corporal, mejor conversión alimenticia; y la carne presentó mejor textura y mayor aceptabilidad por parte de los consumidores ($p < 0.05$). Las ratas que consumieron carne de animales alimentados con yaca, presentaron mejores valores de triglicéridos después del parto. Las crías recién nacidas de ratas que consumieron carne de conejo alimentado con yaca presentaron mayor peso corporal, frecuencia respiratoria, frecuencia de movimientos espontáneos y longitud de la cola ($p < 0.05$). **Conclusión:** La salud de las ratas recién nacidas mejoró cuando las madres fueron suplementadas con carne de conejo alimentado con yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), contribuyendo a disminuir la prevalencia del bajo puntaje Apgar y problemas en el parto.

Introducción general

La “sostenibilidad nutricional” no solo se enfoca en la carga ambiental, sino que también busca identificar nodos impulsores del sistema alimentario (Smetana et al., 2019). En esta investigación, se ha realizado una búsqueda de un sistema alimentario más sostenible y alternativas nutricionales, esto derivado del aumento de costos, presión ambiental derivada del manejo de residuos agroindustriales y la necesidad de mejorar la calidad nutricional de los alimentos destinados tanto para animales como para seres humanos.

En este contexto, la yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) presenta compuestos bioactivos como antioxidantes, antiinflamatorios, anticancerígenos, antidiabéticos, antivirales (Natta et al., 2023) y nutrientes (Adan et al., 2020; Kamdem Bemmo et al., 2023; Konsue et al., 2023) que en conjunto han impulsado su estudio como un ingrediente alternativo para la alimentación animal (Eburuaja et al., 2019; Eyoh & Udoh, 2020; Utari & Warly, 2021), contribuyendo de manera paralela la reducción de residuos agroindustriales y a lograr aumentar la sostenibilidad alimentaria (Li et al., 2023). Los estudios experimentales que abarca este documento, demuestran que la adición de yaca representa un recurso agroindustrial con potencial para la incorporación en las dietas de pollos y conejos de engorda pudiendo mejorar los parámetros productivos, calidad de la canal y de la carne, especialmente las características nutricionales de esta, que pueden ser beneficiosas para el consumidor.

Un elemento central que refuerza la pertinencia de esta línea de investigación es la situación actual mundial en mujeres embarazadas, ya que dentro del tercer Objetivo del Desarrollo Sostenible, uno de sus enfoques es reducir la mortalidad materna, atendiendo aquellas causas prevenibles (Organización de las Naciones Unidas, 2017) como la malnutrición (Imdad & Bhutta, 2012). Frente a este panorama, esta investigación propuso el consumo de carne de animales (pollo y conejo) alimentados con yaca como una alternativa accesible y rica en nutrientes esenciales. Los estudios incluidos en este documento demuestran que la carne obtenida de esos animales mejora parámetros sanguíneos de ratas hembras Wistar gestantes y que además contribuye positivamente al desarrollo neonatal, lo que sugiere su potencial para favorecer el estado nutricional materno y reducir riesgos asociados al embarazo.

Justificación general

El costo de la alimentación animal se ha incrementado derivado de problemas con la importación de fertilizantes para la producción de ingredientes, así como por el reciente cambio climático, por lo que es necesario buscar ingredientes alternativos que contribuyan a la disminución de los costos de manera sostenible.

Un ejemplo de ello puede ser la yaca, la cual en el 2023 presentó una producción a nivel nacional de 31,205.72 t y estatal (Hidalgo) de 28.60 t. Debido a que, es una fruta de gran tamaño (aproximadamente 7 kg) de la que regularmente solo se aprovecha la pulpa para consumo humano, que representa una pequeña parte del fruto y el resto (semilla y cáscara) es estimado como desecho agroindustrial, considerando que estos productos son fuente de proteína, fibra, vitaminas y minerales, además de presentar actividad antioxidante, lo cual puede favorecer la salud de los animales que lo consuman, así como nutrirlos.

Hasta el día de hoy, no hay evidencia que describa el efecto que tiene la adición de yaca sobre la calidad nutricional de la carne y la salud de los animales que la consumen, de manera particular conejos y pollos de engorda.

Aunado a lo anterior, de acuerdo con datos de la ENSANUT 2018 (Encuesta Nacional de Salud y Nutrición), se concluyó que la anemia es uno de los principales problemas nutricionales en mujeres en edad reproductiva, especialmente durante el embarazo, por lo que se propone promover el consumo, acceso y disponibilidad de alimentos ricos en hierro y ácido fólico, como podría ser la carne de animales alimentados con yaca, esperando con esto contribuir con la disminución de problemas de desarrollo embrionario, crecimiento fetal, partos prematuros, bajo peso al nacer, mortalidad materna y problemas perinatales.

Hipótesis general

El consumo de carne de conejo y pollo alimentados con yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), por ratas Wistar en gestación, mejora la salud de la hembra y del recién nacido.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar la salud de ratas recién nacidas, cuando las madres son suplementadas con carne obtenida de animales alimentados con yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), con la finalidad de prevenir bajo puntaje Apgar y problemas en el parto.

Objetivos específicos

- Analizar la composición nutricional de la harina de diferentes partes de la yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), con el propósito de incluirla en la dieta de pollos y conejos durante la engorda.
- Determinar el efecto de la adición de la harina de yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) sobre la salud intestinal de conejos y pollos de engorda a través de análisis histológicos, para proponerlo como aditivo en las dietas.
- Evaluar la bioquímica sanguínea de conejos y pollos alimentados con harina de yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), para determinar si tiene efecto adverso sobre la salud animal.
- Evaluar el puntaje Apgar en crías de ratas suplementadas con carne de animales alimentados con harina de yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) para valorar su estado de salud.
- Realizar pruebas bioquímicas durante la gestación, para valorar el estado de salud de hembras suplementadas con carne de animales alimentados con harina de yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.).

Aprobación del Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio

Folio de aprobación: CICUAL-V-I/011/2023



Dirección
de Servicios
Académicos

Dirección
de Bioterio



FORMATO DE SOLICITUD AL CICUAL PARA ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN		
DATOS GENERALES:	FOLIO DE APROBACIÓN: CICUAL-V-I/011/2023	
Instituto y área académica a la que pertenece: Área Académica de Ingeniería en Alimentos Instituto de Ciencias Agropecuarias	Fecha de solicitud 24/02/2023	
Nombre del titular del proyecto: Dra. Maricela Ayala Martínez E mail: ayalam@uaeh.edu.mx Teléfono: 7751565336		
Título del proyecto: "Evaluación por medio de puntaje Apgar a ratas recién nacidas, cuando las madres son suplementados con carne obtenida de animales alimentados con yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.)"		
Nombre de los investigadores y estudiantes que participarán.	E mail	Tel:
M. en C.A. Liliana Ortega González	or231480@uaeh.edu.mx	7752052182
Dra. Maricela Ayala Martínez	ayalam@uaeh.edu.mx	7751565336
Dr. Sergio Soto Simental	sotos@uaeh.edu.mx	7751389365
Dr. Roberto González Tenorio	rtenorio@uaeh.edu.mx	775 752 6640
Dr. Héctor Hernández Domínguez	hector_hernandez7859@uaeh.edu.mx	771 141 6239
Dr. Gerardo Manuel Nava Morales	gerardomnava@gmail.com	442 467 6817
Fecha de Inicio: 05/06/2023	Fecha de término: 15/12/2023	
Indica si el investigador principal, investigadores participantes y alumnos que participarán en el desarrollo del proyecto, tienen experiencia en el manejo, uso y cuidado de los animales de laboratorio, así como el conocimiento de la norma NOM-062-ZOO-1999, entre otras. Si		
Indica si el investigador principal, investigadores participantes y alumnos que participarán en el desarrollo del proyecto han tomado algún curso sobre el manejo y uso de animales de laboratorio. (Especifique lugar y fecha). Dra. Maricela Ayala Martínez, Dr. Sergio Soto Simental, <ul style="list-style-type: none"> • Bioterio. ICSA-UAEH, Pachuca, Hgo. Junio 2022. Manejo, uso y diseño experimental en animales de laboratorio. M.en C.A. Liliana Ortega González Bioterio. ICSA-UAEH, Pachuca, Hgo. Enero 2023. Manejo, uso y diseño experimental en animales de laboratorio.		

Referencias

- Adan, A. A., Ojwang, R. A., Muge, E. K., Mwanza, B. K., & Nyaboga, E. N. (2020). Phytochemical composition and essential mineral profile, antioxidant and antimicrobial potential of unutilized parts of jackfruit. *Food Research*, 4(4), 1125-1134. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(4\).326](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(4).326)
- Eburuaja, A. S., Onabanjo, R. S., Onunkwo, D. N., & Ukenye, U. S. (2019). Performance of broiler chickens fed graded dietary levels of toasted jackfruit seed meal (*Artocarpus heterophyllus*). *Nigerian Journal of Animal Production*, 46(4), 171-178. <https://doi.org/10.51791/njap.v46i4.346>
- Eyoh, G. D., & Udoh, M. D. (2020). Effects of processed jackfruit seed based diet on nutrient intake, digestibility and nutrition in West African dwarf goats. *Nigerian Journal of Animal Production*, 47(5), 204-212. <https://doi.org/10.51791/njap.v47i5.1271>
- Imdad, A., & Bhutta, Z. A. (2012). Maternal Nutrition and Birth Outcomes: Effect of Balanced Protein-Energy Supplementation. *Paediatric and Perinatal Epidemiology*, 26(s1), 178-190. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3016.2012.01308.x>
- Kamdem Bemmo, U. L., Bindzi, J. M., Tayou Kamseu, P. R., Houketchang Ndomou, S. C., Tene Tambo, S., & Ngoufack Zambou, F. (2023). Physicochemical properties, nutritional value, and antioxidant potential of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) pulp and seeds from Cameroon eastern forests. *Food Science & Nutrition*, 11(8), 4722-4734. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3437>
- Konsue, N., Bunyameen, N., & Donlao, N. (2023). Utilization of young jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) as a plant-based food ingredient: Influence of maturity on chemical attributes and changes during in vitro digestion. *LWT*, 180, 114721. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114721>
- Li, Y.-F., Wu, B., Chen, J., Veeraperumal, S., Wei, J.-C., Tan, K., Zhong, S., & Cheong, K.-L. (2023). Prebiotic characteristics of added-value polysaccharides from jackfruit peel waste during in vitro digestion and fecal fermentation. *LWT*, 187, 115330. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115330>

- Natta, S., Pal, K., Kumar Alam, B., Mondal, D., Kumar Dutta, S., Sahana, N., Mandal, S., Bhowmick, N., Sankar Das, S., Mondal, P., Kumar Pandit, G., Kumar Paul, P., & Choudhury, A. (2023). In-depth evaluation of nutritive, chemical constituents and anti-glycemic properties of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam) clonal accessions with flake colour diversity from Eastern Sub-Himalayan plains of India. *Food Chemistry*, 407, 135098. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135098>
- Organización de las Naciones Unidas. (2017). Salud y Bienestar. *Objetivos del Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/health/>
- Smetana, S. M., Bornkessel, S., & Heinz, V. (2019). A Path From Sustainable Nutrition to Nutritional Sustainability of Complex Food Systems. *Frontiers in Nutrition*, 6, 39. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00039>
- Utari, A., & Warly, L. (2021). Tannin Contents of Jackfruit Leaves (*Artocarpus heterophyllus*) Extract and Moringa Leaves (*Moringa oleifera*) Extract as Functional Additive Feed in Ruminan Livestock. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 757(1), 012054. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/757/1/012054>

Capítulo 1. La yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) como residuo agroindustrial en la alimentación animal: Revisión sistemática.

Resumen.

Introducción. En la actualidad la innovación de la industria alimentaria ha conllevado a la generación de miles de toneladas de residuos orgánicos que afectan de manera negativa la sostenibilidad ambiental, por lo que es importante que se tomen acciones que contribuyan a la reducción de desperdicios, logrando aprovechar los compuestos bioactivos que se presentan en ellos. **Objetivo.** Realizar una revisión de literatura sobre los nutrientes y compuestos bioactivos presentes en las principales partes de la yaca (cáscara, pulpa y semilla), para adicionar esta fruta en la alimentación de animales de producción. **Desarrollo.** Se realizó una revisión sistemática basada en artículos de carácter experimental localizados en bases de datos como: ScienceDirect, Wiley, Google Académico, Scopus y Springer Link, para ello se utilizó una ecuación de búsqueda. Los resultados mostraron que las diferentes partes de la yaca presentan nutrientes (proteínas, hidratos de carbono, minerales) y compuestos bioactivos (polifenoles, flavonoides, polisacáridos, fenoles, etc.), que se ha logrado comprobar que tienen un efecto positivo cuando se añade en la alimentación de animales de producción (pollos de engorda, ovejas y cabras). **Conclusión.** La adición de la yaca en la alimentación de animales de producción favorece la ganancia de peso, mejora la digestibilidad, estimula el sistema inmunológico y disminuye el costo de producción del alimento.

Abstract

Introduction. Nowadays, food industry innovation generates thousand tons of agroindustry waste that affect negative of ambient sustainability; thus, it is important to take actions oriented to reduce production of agro-waste and to obtain bioactive compounds. **Objective.** To conduct a literature review on nutrients and bioactive compounds present in the main parts of jackfruit (peel, pulp, and seed), as a potencial source for animal feed. **Development.** A systematic review was carried out based on experimental articles located in databases such

as: ScienceDirect, Wiley, Google Scholar, Scopus and Springer Link. The results of the present study showed that different parts of jackfruit contain nutrients (proteins, carbohydrates, minerals) and bioactive compounds (polyphenols, flavonoids, polysaccharides, phenols, etc.) with proven beneficial effects when added to the feed of production animals (broilers, sheep and goats). **Conclusion.** The addition of jackfruit to feed animal production favor the weight gain, improving digestibility, stimulating the immune system and decrease feed production cost.

Palabras clave

Compuestos bioactivos, pequeños rumiantes, pollos, ratas.

Introducción

La yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) es estimada como una de las principales frutas autóctonas de la India (International Tropical Fruits Network [ITFN], 2022), se ha descrito su origen del suroeste de este país (Ranasinghe et al., 2019). Es considerada como el fruto más grande del mundo (Lazarus et al., 2023), puede llegar a pesar hasta 51 kg (Nakintu et al., 2023). Además, esta fruta se conoce con diferentes nombres de acuerdo con el idioma y región en el que se encuentre, algunos de ellos son en inglés (jack, jackfruit, jak), chino (bo luó mi), francés (jacquier), alemán (jackfruchbaum, nangka), portugués (yaca, jaqueira), sueco (swedish) y español (árbol del pan, yaca, jaqueiro) (National Plant Germplasm System [NPGS], 2023). El fruto está compuesto por diferentes secciones, de acuerdo con lo descrito por Cruz-Casillas et al. (2021), presenta cáscara con ápices de carpelo cónicos, un núcleo que forma un eje longitudinal central conectado a la corteza, así como bulbos conformados por pulpa y semilla. Las hojas, la corteza y el fruto pueden presentar un exudado defensivo (Samrot & Sean, 2022). Las propiedades nutricionales que presenta son la abundancia de aminoácidos esenciales (Konsue et al., 2023), minerales (potasio, sodio, magnesio, zinc, hierro y cobre) (Adan et al., 2020), vitamina C (Xu et al., 2015). La pulpa y la semilla destacan por su contenido de proteína de $18,35\% \pm 0,04$ y $21,66\% \pm 0,31$, respectivamente (Kamdem Bemmo et al., 2023). Debido a la importante composición nutricional de esta fruta

se ha considerado aprovecharla para reducir los problemas de malnutrición que se presenta en algunas de las regiones Camerún (Kamdem Bemmo et al., 2023). Se ha comprobado la presencia de diversos compuestos bioactivos en esta fruta, entre los cuales destacan antioxidantes, antiinflamatorios, anticancerígenos, antidiabéticos, antivirales (Natta et al., 2023); así mismo diversas secciones de la fruta han presentado actividad antimicrobiana frente a diversos microorganismos (Adan et al., 2020; Chavez Santiago et al., 2022; Samrot & Sean., 2022) y actividad anti hiperglucémica (Maradesha et al., 2022a, Maradesha et al., 2022b). La abundancia de fitoquímicos en esta fruta genera una perspectiva para la elaboración de alimentos saludables con valor agregado (Morelos Flores et al., 2023). El objetivo de este artículo fue realizar una revisión de literatura sobre los nutrientes y compuestos bioactivos presentes en las principales partes de la yaca (cáscara, pulpa y semilla), para adicionar esta fruta en la alimentación de animales de producción.

Metodología

La investigación documental se llevó a cabo entre los meses de enero y marzo de 2024, para ello se emplearon las instalaciones y accesos a las bases de datos de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, en el Instituto de Ciencias Agropecuarias ubicado en la Ciudad de Tulancingo, Hidalgo, México. Se realizó una búsqueda de literatura siguiendo las recomendaciones de la declaración PRISMA 2020 (Page et al., 2021). Las bases de datos en las que se realizó la búsqueda fueron:

1. ScienceDirect (<https://www.sciencedirect.com/>)
2. Wiley (<https://onlinelibrary.wiley.com/>)
3. Google Académico (https://scholar.google.com.mx/schhp?hl=es&as_sdt=0,5)
4. Scopus (<https://www.scopus.com/home.uri>)
5. Springer Link (<https://link.springer.com/>)

Se plantearon cuatro preguntas de investigación: (a) ¿Cuáles son las características morfológicas de las principales secciones de la yaca?, (b) ¿Cuáles son las propiedades nutricionales y compuestos bioactivos que se pueden aprovechar de la yaca para la

alimentación animal?, (c) ¿Cómo se ha utilizado y que efecto ha tenido la adición de alguna sección de la yaca en la alimentación animal?, y (d) ¿Cuál es la importancia del aprovechamiento de los residuos agroindustriales? Con base en estas preguntas de investigación, también se establecieron los siguientes parámetros delimitantes: periodo de publicación (2014 – 2024) y el tipo de artículo (científico). La búsqueda fue realizada utilizando la siguiente ecuación: ((jackfruit) AND (pulp OR seed OR peel OR latex OR leave)) AND (animal feed). El proceso de selección de la bibliografía se realizó de acuerdo al diagrama de flujo que se presenta en la Figura 1.



Figura 1. Diagrama de flujo para la selección de literatura de las bases de datos ScienceDirect, Wiley, Google Académico, Scopus y Springer Link mediante el método PRISMA, dentro de un periodo de publicación de 2014 al 2024.

Asimismo, se estimaron criterios de inclusión (el artículo fue publicado dentro del periodo 2014-2024, es artículo de investigación, se incluye la yaca dentro de la investigación, se describen propiedades fisicoquímicas específicas de alguna parte de la yaca) y criterios de exclusión (no entra dentro del periodo de publicación seleccionado, no se describen propiedades específicas de la yaca o las describe como mezclas con otros ingredientes, no

menciona en qué parte específica de la yaca se encuentran los compuestos estudiados). Finalmente, se realizó la selección y análisis de las publicaciones localizadas.

Al realizar la búsqueda de la literatura, las bases de datos visualizaron un total de 797 documentos, de los cuales 390 fueron cribados y solo 106 fueron evaluados para decidir su elegibilidad. Sin embargo, solo 58 documentos cumplieron los criterios de inclusión, a los cuales se agregó información de dos organizaciones. En total se utilizaron 60 fuentes de información (Figura 2).

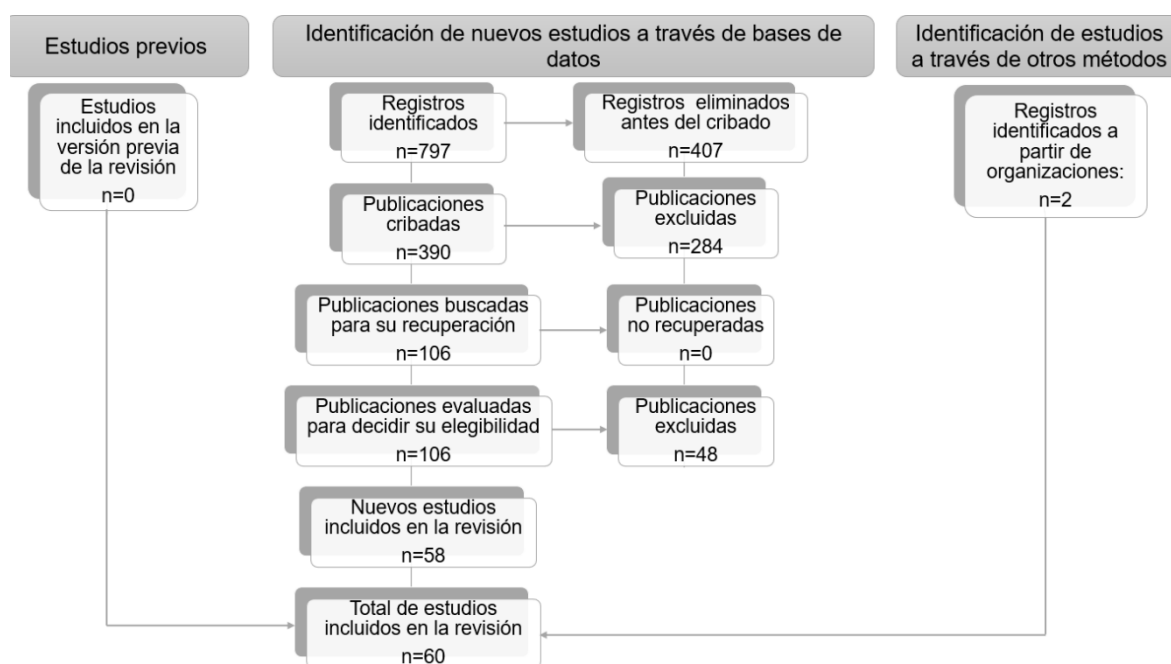


Figura 2. Resultados del número de artículos identificados durante la revisión bibliográfica en las bases de datos ScienceDirect, Wiley, Google Académico, Scopus y Springer Link mediante el método PRISMA, dentro de un periodo de publicación de 2014 al 2024.

Estadísticas de producción

En el año 2022, se reportó una producción anual mundial de 4 000 000 t (Food and Agriculture Organization, 2022). En el año 2020, India produjo 1,945 millones de t (International Tropical Fruits Network [ITFN], 2022). Sin embargo, también es producida en regiones tropicales, por lo que ya se encuentra en países como Uganda (Nakintu et al., 2023),

Bangladesh (Chowdhury et al., 1997), Vietnam (Thanh et al., 2021), Indonesia (Wirayudha et al., 2022), Malasia (Samrot & Sean, 2022), Kenia (Adan et al., 2020), China (Li et al., 2023), Tailandia (Konsue et al., 2023). En América Latina, se tienen registros de producción en países como Argentina, Brasil y Colombia (Informes de expertos, 2023). En México, el primer registro de producción de yaca data del año 1993, con una tonelada en el estado de Nayarit, a partir de ese año se ha incrementado la producción, y se ha diseminado a otros estados como Veracruz, Jalisco, Colima, Hidalgo y Michoacán; al cierre de producción agrícola de 2022, la producción de yaca a nivel nacional fue de 36,717 t (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2022).

Morfología de la yaca

Los árboles de yaca pueden presentar tres regímenes de fructificación (enero – abril, mayo – agosto, septiembre – diciembre). Sin embargo, en diciembre, enero y febrero se logran encontrar mayor cantidad de árboles con frutos maduros, además es importante tomar en cuenta que el medio ambiente y la variación genética del fruto, desempeñan un papel crucial para los periodos de fructificación (Nakintu et al., 2023). Las características morfológicas del árbol, el fruto y el látex de la yaca se presentan en la Tabla 1, donde se describen las principales características de cada una de ellas.

El fruto de yaca presenta entre 70 y 80% de componentes que no son aptos para el consumo humano, entre ellos la cáscara, perianto y núcleo (Brahma & Ray, 2024). La cáscara de la yaca ha desarrollado un conjunto de capas y un exterior espinoso, estas contribuyen para sobrevivir a los impactos de alta energía que pueden tener al caer de grandes alturas (25 m) cuando el fruto ya está maduro, este exterior espinoso está unido a células parenquimatosas más blandas que logran formar un compuesto reforzado con fibras; la capa que presenta mayor contenido de lignina es el mesocarpio; el segmento que contiene más pectina es el núcleo (Lazarus et al., 2023). Los agricultores de diferentes regiones han identificado los árboles y los frutos de yaca en diferentes etnovariedades, en donde las principales diferencias son, la altura del árbol, la circunferencia del tronco, el tamaño del fruto, el color de la pulpa y el tamaño de la semilla.

Tabla 1. Características morfológicas de la yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) y de sus componentes (cáscara, centro, pulpa, semillas y látex).

Componente del fruto	Característica	Referencia
Árbol	Se han reportado árboles de yaca de hasta 47 años, estos pueden llegar a los 18.4 m de altura, con una circunferencia en el tronco de 250 cm, logrando tener hasta 150 frutos por árbol.	Nakintu et al. (2023)
Fruto completo	Peso de 1.4 - 51 kg, longitud de 26.60 – 67 cm, diámetro de 12 – 30.50 cm.	Nakintu et al. (2023)
Cáscara	Espesor de 7.50 – 25.27 mm.	Nakintu et al. (2023)
Cáscara	Secciones: capa espinosa, mesocarpio, capa tubular, capa central o núcleo.	Lazarus et al. (2023)
Eje o centro del fruto	15 – 52 cm de longitud y 2.60 – 11 cm de diámetro.	Nakintu et al. (2023)
Pulpa	5 etnovariedades: Naranja, Roja, Blanca, Amarilla y Suave.	Nantongo et al. (2022)
Pulpa	4 etnovariedades: Namata (pulpa blanca), Serebera (pulpa amarillo pálido), Namusaayi (pulpa roja/naranja) y Kanaanansi (pulpa amarilla). 2.95 – 7.73 cm de longitud, 1.72 – 4.48 cm de ancho y 1.44 – 7.43 mm de espesor.	Nakintu, et al. (2023)
Semillas	Longitud 2.72 -2.35 cm, 10 semillas pesan 52.47 – 43.34 g.	Nantongo et al. (2022)
Semillas	6 – 49 semillas por kg, 2.08 – 3.58 cm de longitud, 1.11 – 2.20 cm de ancho, 100 semillas pesan 0.11 – 1.36 kg.	Nakintu et al (2023).
Látex	Exudado defensivo que proviene de las hojas, corteza, tallo y frutos del árbol de yaca.	Samrot & Sean (2022)

Además, estas últimas también se diferencian por la tasa de germinación (Nakintu et al., 2023; Nantongo et al., 2022). El tamaño de las semillas difiere en su longitud y ancho de acuerdo a la etnovariiedad a la que pertenezcan, Nantongo et al. (2022) ha descrito que las semillas blancas y rojas son más pequeñas que las semillas naranjas, asimismo las semillas de la variedad blanda presentan un mayor peso en fresco y en seco. Tanto la planta como el fruto de yaca presentan un exudado defensivo (Samrot & Sean, 2022), el cual es conocido

como látex y ha sido considerado como un residuo de producción agrícola que en la actualidad no se aplica en la industria farmacéutica ni alimentaria (Ramos Martínez et al., 2022).

Características químicas de la yaca

La popularidad que se ha ganado este fruto ha sido debido a los beneficios terapéuticos que se le atribuyen; ahora es considerado como un cultivo de seguridad alimentaria y nutricional (Nikintu et al., 2023). En la Tabla 2, se describen las características químicas de la hoja, cáscara, pulpa y látex de este fruto.

Al realizarle pruebas fitoquímicas a las hojas del árbol de yaca, se comprobó la presencia de varios metabolitos secundarios como fenoles, saponinas, taninos, alcaloides, triperpenoides y flavonoides; estos últimos actúan como pigmentos, reguladores de la fotosíntesis, como antimicrobiano y antiviral que actúan sobre los insectos (Utari & Warly, 2021). La cáscara destaca por sus propiedades gelificantes, las cuales son similares a las pectinas de grado analítico y comercial, logrando así ser una propuesta para la industria alimentaria en la elaboración de mermeladas o suspensiones frutales similares (Begum et al., 2021). Además, Cagasan et al. (2021) la proponen en la elaboración de otros productos como el vino.

La presencia de nanofibrillas son prometedoras para utilizarlas en la síntesis de nanocompuestos orgánicos o inorgánicos que sean biodegradables o para aplicaciones catalíticas (Rubiyah et al., 2023). La extracción de la celulosa de la cáscara presenta una mayor purificación en comparación con la celulosa comercial, la cual presenta una mejor capacidad de retención de agua y aceite, por ello podría ser considerada su utilización en diversas industrias como la alimentaria, de pintura y papelería, así como en películas de embalaje y productos farmacéuticos (Brahma & Ray, 2024). En la pulpa de yaca se han logrado identificar más de 60 compuestos volátiles por lo cual se pueden emplear para contribuir en la potencialización del aroma y el sabor de productos como yogur, bebidas fermentadas, mermeladas, jugos, cerveza o purés (Barros Castillo et al., 2022).

Tabla 2. Características químicas de la hoja, cáscara, pulpa y látex presentes en la yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.).

Origen	Sección del fruto	Propiedades	Referencias
Indonesia	Hoja	Alcaloides, flavonoides, taninos y esteroides.	Utari & Warly (2021)
Indonesia	Cáscara	Pectina en cáscara húmeda 4.7%, en cáscara seca 22.5%.	Wignyanto et al. (2014)
Kenia	Cáscara	Minerales: K, Na, Mg, Zn, Cu, Fe.	Adan et al. (2020)
India	Cáscara	Nanofibrillas de celulosa , diámetro promedio de 28 nm, índice de cristalinidad de 87.36%, temperatura máxima de degradación de 328.5 °C y valor medio del potencial zeta -24.1 Mv.	Rubiyah et al. (2023)
India	Cáscara	α-celulosa	Brahma & Ray (2024)
China	Pulpa	Vitamina C: 8.16 mg/100.	Xu et al. (2015)
Camerún	Pulpa	Composición proximal (%) Cenizas 4.35±0.07, grasa 6.68±0.07, proteína 18.35±0.04, carbohidratos 54.39±0.47, fibra 9.88±0. Minerales K, Na, Ca, Mg, P. Compuestos antinutricionales taninos, oxalatos, saponinas y fitatos.	Kamdem Bemmo et al. (2022)
México	Pulpa	69 compuestos volátiles ésteres, alcoholes, polioles, cetonas, ácidos, benzenoides y C13 Norisoprenoides.	Barros-Castillo et al. (2022)
Tailandia	Pulpa	Aminoácidos esenciales (treonina, valina, metionina, fenilalanina, isoleucina, triptófano, leucina y lisina). Aminoácidos no esenciales (ácido aspártico, ácido glutámico, serina, glicina, arginina, alanina, tirosina, cistina y prolina).	Konsue et al. (2023)
India	Látex	Compuestos fenólicos alcaloides, flavonoides, antraquinonas y taninos.	Krishnan & Pottail (2021)
México	Látex	Poliisoprenos Compuestos lipófilos en mayor cantidad (89%); Índice de actividad emulsionante de 32 – 59 m ² /g; Tiempo de estabilidad 15 a 95 min.; Eventos endotérmicos (50 – 65°C) y eventos exotérmicos.	Ramos-Martínez (2022)

Los poliisoprenos extraídos del látex de la yaca se han caracterizado por su capacidad espumante, emulsionante y su comportamiento térmico, ya que los eventos endotérmicos están asociados a la fusión del concentrado, mientras que los eventos exotérmicos se relacionan con la cristalización de los poliisoprenos; estos extractos sugieren utilizarse en la preparación de emulsiones o para procesos de encapsulación (Ramos Martínez et al., 2022).

Por otra parte, las propiedades de la semilla de yaca presentan potencial para contribuir en distintas formas en la industria alimentaria, éstas se describen a continuación en la Tabla 3, el almidón que contienen es semejante al que se encuentra en los cereales (Li et al., 2019) por lo que se considera adecuado para la elaboración de alimentos, en los que se requieren altas temperaturas (Le et al., 2023); también se describe la presencia de enzimas proteolíticas lo que contribuiría a la formulación de ablandadores y conservantes de carne de manera natural (Ramli et al., 2021).

Debido a la presencia de compuestos volátiles, las semillas de yaca fermentadas mejoran el aroma del chocolate en la preparación en capuchinos (Papa Spada et al., 2018) y podría utilizarse como aditivo en la formulación de otros alimentos (Spada et al., 2022) con la misma finalidad como los conos para helado (Kushwaha et al., 2023). La utilización del aislado proteínico de la semilla de yaca se considera como una nueva fuente de proteína para su aplicación en sistemas alimentarios (Ulloa et al., 2017), se sugiere que se enfoquen en la elaboración de productos sin gluten o nutraceuticos, donde se necesite un control en el tamaño de partícula para alcanzar consistencias deseables (Ahmed & Thomas, 2020); así como en la panificación, ya que se ha comprobado que la adición de esta semilla mejora la aceptabilidad sensorial de donas (Ortega González et al., 2022). Sin embargo, es de suma importancia continuar evaluando los efectos tóxicos para aislar e identificar en el extracto crudo de la semilla, los compuestos que podrían ser responsables de la toxicidad (Sy Mohamad, 2019).

Tabla 3. Características químicas de la semilla de yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.).

Origen	Característica	Referencias
Brasil	Almidón Tipo A; 24-32% amilosa; forma redonda y acampanada; tamaño 6.4–11.1 mm; temperatura de gelatinización 72-81 °C; índice de cristalinidad 9.3-36.9%, índice de solubilidad 90 °C.	Luciano et al. (2017)
Mala	Aminoácidos esenciales leucina, lisina, valina, isoleucina, treonina, histidina, fenilalanina, histidina.	Zuwariah et al. (2018)
China	Almidón gránulos pequeños y suaves con un mayor contenido de amilosa; temperatura de gelatinización de 88.15 °C y cristalinidad de 29.39%.	Li et al. (2019)
Malasia	Composición proximal (%) Humedad 10.78, cenizas 2.41, grasa 0.75, fibra 3, proteína 13.67, carbohidratos 69.39. Minerales K, P, Mg, Ca, Na. Capacidad de absorción de agua 2.35 g/g. Capacidad de absorción de aceite 1.14 g/g. Densidad aparente 0.67 g/cm ³ .	Sy Mohamad (2019)
Kuwait	Composición proximal (%) Humedad 6.23±1.65, cenizas 2.91±0.01, grasa 1.28±0.05, fibra 3.23±0.13, proteína 11.25±0.21, almidón 60.34±0.93, amilosa 25.52±0.69.	Ahmed & Thomas (2020)
Malasia	Enzimas proteolíticas: bromelina y proteasa. Minerales Fe, Mn, Co, Zn, Se, Mo.	Ramli et al. (2021)
Nigeria	Vitaminas C, E. Composición proximal (%) Humedad 14.44±0.02, grasa 26.06±0.03, cenizas 2.85±0.01, fibra 1.48±0.01, proteína 13.3±0.50, carbohidratos 41.84±0.56.	Isinenyi & Andrew (2021)
Sri Lanka	Composición proximal (%) Humedad 6.95±0.07, cenizas 2.78±0.02, grasa 0.78±0.02, proteína cruda 9.92±0.10, carbohidratos 76.32±0.30. Minerales Na, Ca, Mg, K y P.	Akmeemana et al. (2022)
México	Composición proximal (%) Humedad 13.18, cenizas 2.58, grasa 0.59, proteína 9.67, carbohidratos 73.47. Composición proximal (%) Cenizas 3.45±0.07, grasa 5.47±0.07, proteína 21.66±0.31, carbohidratos 49.01±0.43, fibra 14.26±0.	Ortega-González et al. (2022)
Camerún	Minerales K, Na, Ca, Mg, P. Compuestos antinutricionales taninos, oxalatos, saponinas y fitatos.	Kamdem Bemmo et al. (2022)
China	Proteínas compuestas por polipéptidos de 17 a 26 kDa (glutelinas, albúminas y globulinas).	Wu et al. (2022)
Singapur	Almidón Tipo A; 21.66 ± 3.96% amilosa y 78.34 ± 3.96% amilopectina; forma lisa, redonda o acampanada; tamaño 5 – 11 µm.	Le et al. (2023)

Compuestos bioactivos de la yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.)

Al evaluar las diferentes secciones del fruto de la yaca se han evidenciado la presencia de compuestos bioactivos, las cuales se describen en la Tabla 4, destacando que la mayoría de esos, son compuestos fenólicos, flavonoides y polisacáridos (Adan et al., 2020; Maradesha et al., 2022a; Maradesha et al., 2022b; Li et al., 2023). Se ha evidenciado que el extracto de cáscara tiene una concentración más alta de fenoles que el de pulpa y de semilla, al identificar 53 compuestos bioactivos (Zhang et al., 2017).

El contenido de compuestos fenólicos y flavonoides tiene una relación inversamente proporcional a la madurez del fruto, ya que estos disminuyen y la capacidad antioxidante aumenta al aumentar la madurez, lo cual se puede deber a un incremento en la cantidad de ácido galacturónico (Nidhina et al., 2022). Asimismo, en la pulpa de yaca lograron cuantificar 28 compuestos fenólicos, siendo el ácido shikímico ($C^7H^{10}O^5$), el más abundante (Morelos Flores et al., 2023). El color de la pulpa de la yaca tiene diversas tonalidades que presentan variaciones en sus propiedades, la pulpa con coloración amarillo intenso tiene un mayor contenido de compuestos antioxidantes, flavonoides y una mayor inhibición de la enzima α -glucosidasa; sin embargo, la pulpa con coloración rojo anaranjado exhiben una mayor inhibición de las enzimas β -glucosidasas y α -amilasa (Natta et al., 2023). Se ha estudiado la actividad antimicrobiana y antioxidante de los extractos acuoso y trifluoroetanol del látex de la yaca, se encontró que el extracto acuoso inhibe el crecimiento de *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonaaeruginosa* y *Bacillus sp.*, y ambos extractos tienen actividad antioxidante (Samrot & Sean, 2022). Los polisacáridos presentes en la pulpa de la yaca regulan la micro ecología intestinal, mejoran la abundancia de bacterias productoras de ácidos grasos de cadena corta, restringen la ganancia de peso, mejoran el perfil lipídico y la capacidad antioxidante (Zeng et al., 2023). Para aprovechar de forma integral los nutrientes y los compuestos bioactivos de la yaca, se desarrolló un protocolo para la regeneración genéticamente uniforme de este fruto (Kader et al., 2022).

Tabla 4. Actividad biológica de los compuestos bioactivos presentes en la yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.).

Sección del fruto	Compuestos	Actividad biológica	Referencia
Fruto completo	Ácido cafeico, ácido siríngico	Actividad anti hiperglucémica Actividad antidiabética	Maradesha et al. (2022a)
Fruto completo	Rutina	Actividad anti hiperglucémica	Maradesha et al. (2022b)
Cáscara	Heteropolisacárido con relaciones molares de 71,4:1,3:5,2:4,2:1 de glucosa, manosa, galactosa, arabinosa y ramnosa.	Promueve el crecimiento de flora benéfica (<i>Weissella</i> , <i>Enterococcus</i> , <i>Bifidobacterium</i> , <i>Lactococcus</i> y <i>Prevotella</i>).	Li et al. (2023)
Cáscara	No determinado	Propiedades antimicrobianas contra <i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>manihotis</i> (Xam).	Adan et al. (2020)
Pulpa	No determinado	Propiedades antimicrobianas contra <i>Penicillium digitatum</i> , <i>Geotrichum candidum</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Botrytis cinérea</i> .	Chavez-Santiago et al. (2022)
Pulpa	ácido dodecanoico 2-metilo; 2-Heptadecenal; 9,12,15-Octadecatrien-1-ol	Antidiabéticos	Natta et al. (2023)
Pulpa	2-Ciclopenteno-1-uno, 2- Hidroxilo 5-Hidroxi metil	Antiviral	Natta et al. (2023)
Pulpa	furfural; 1-hexil-1-nitrociclohexano Decano; 4H-	Antioxidantes	Natta et al. (2023)
Pulpa	pirano-4-ona,2,3-dihidro-3,5-dihidroxi-6-metilo;	Antiinflamatorios	Natta et al. (2023)

	1-hexil-1-nitrociclohexano		
	Dodecano; catecol;		
Pulpa	1,2-bencenodiol (metilcarbamato)	Anticancerígenos	Natta et al. (2023)
Pulpa	2-hexil-1-octanol	Actividad antihelmíntica	Natta et al. (2023)
		Propiedades antimicrobianas contra <i>S. aureus</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>Bacillus sp.</i>	Samrot & Sean (2022)
Látex	No determinado	Propiedades antioxidantes	

Utilización de la yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) en la alimentación animal

Los restos de muchos de los alimentos se pueden utilizar de una manera más eficiente para lograr aumentar la sostenibilidad alimentaria (Li et al., 2023). La amplia gama de frutos con riqueza de nutrientes, se ven amenazados por la falta de mercado para los productos frescos, la estacionalidad, el gusto por el consumo de productos procesados y las pérdidas durante las temporadas de lluvias (International Tropical Fruits Network, 2022). En los últimos años se ha dado importancia al concepto de vertido cero, con la finalidad de mitigar los problemas ambientales que se producen con las toneladas de residuos agroindustriales, como las semillas y cáscaras de muchas de frutas que se desechan al medio ambiente (Antonisamy et al., 2023). El reciclaje de diferentes partes no utilizadas de las frutas, se pueden obtener beneficios, como el aprovechamiento de los componentes antimicrobianos en la agricultura, reducción del impacto de los biorresiduos vertidos al medio ambiente (Adan et al., 2020; Brahma & Ray, 2022). La acumulación de biorresiduos, resultado del procesamiento de la yaca, han sido considerados como fuente de contaminación del agua y del aire (Adan et al., 2020). Las hojas de yaca, se proponen como un recurso en la alimentación animal, ya que, Utari y Warly (2021) confirmaron que las hojas de yaca presentan alto contenido de proteína y taninos, lo cual sugiere que puede incrementarse la síntesis de proteína microbiana y con ello aumentar la productividad de los rumiantes, especialmente cabras. En otro estudio, se sustituyó las hojas de yaca por pasto pará a niveles de 0, 50, 75 y 100%, en la alimentación

de cabras para carne, donde se evidenció una mejor ganancia de peso y retención de nitrógeno sin afectar la fermentación ruminal cuando se usaron 75 y 100% de sustitución (Thanh et al., 2021). Sin embargo, cuando se añaden 700 g de hojas de yaca en una dieta basal para la alimentación de ovejas, no se reportó algún efecto significativo en la digestibilidad y en el consumo de alimento de los animales (Wirayudha et al., 2022). Aunado a lo anterior, se investigó la adición de semillas de yaca en la dieta de aves. Cuando se incluyó en la dieta a pollos de engorda durante seis semanas de experimento, con 20% de semilla de yaca se mejoró la eficiencia productiva, mientras que la adición de 30% disminuyó dicha eficiencia (Odukwe et al., 2017). En otro estudio, se alimentaron pollos de engorda de siete días de edad con 0, 5, 10 y 15% de semilla tostada de yaca, se reportó que al 5% tiene una mejora en los costos de producción, un mejor crecimiento, rendimiento y eficiencia alimenticia (Eburuaja et al., 2019). En un estudio con gallina de Guinea alimentadas con 0, 10, 15 y 20% de harina de semilla de yaca, sugieren que al adicionar 20% de semilla de yaca se logra un mejor peso final de las aves, y en el análisis económico tiene una mejor rentabilidad (Aroh et al., 2023).

Al evaluar diferentes dietas con residuos de frutas (cáscara de piña, corona de piña, cáscara de yaca, pulpa de yaca, coco rallado y residuo de frutas mixtas) para la alimentación de tilapia roja híbrida, se comprobó que la cáscara de yaca añadida al 5% de la dieta, promueve el crecimiento y estimula el sistema inmunológico de los peces (Sulaiman et al., 2022). En la búsqueda de mejorar la disponibilidad de nutrientes de la cáscara de la yaca, se ha propuesto el uso de la fermentación. En este sentido, se llevó a cabo un estudio de la fermentación de cáscara de yaca con *Saccharomyces cerevisiae* donde se demostró que se puede incrementar el contenido de proteína en un 167% de la cáscara de yaca (Moisés de Sousa et al., 2020). En otro estudio, se determinó el efecto de la fermentación del contenido ruminal *in vitro* utilizando cáscara de yaca y *Aspergillus oryzae*, se evidenció un incremento en la actividad microbiana del rumen durante la degradación del alimento, lo cual incrementó la digestibilidad de la materia orgánica y seca (Mashudi & Nurmawati, 2022). Al alimentar cabras entre 6 y 7 meses de edad con semillas de yaca crudas, remojadas y tostadas, se evidenció una mejora en la ingesta de nutrientes, digestibilidad y utilización del nitrógeno, contribuyendo a mantener con equilibrio positivo de nitrógeno y un adecuado mantenimiento de las cabras (Eyoh & Udo, 2020). Las investigaciones realizadas con yaca en la alimentación de ratas han demostrado tener efectos benéficos en sus niveles de bioquímica sanguínea

(Agiang et al., 2017; Isinenyi & Andrew, 2021; Sabidi et al., 2020). Ratas Sprague-Dawley macho y hembra de seis semanas de edad alimentadas con 4 g kg⁻¹ de extracto fermentado de pulpa o de hoja de yaca, no presentaron signos toxicológicos, se mantuvieron saludables considerando sus niveles de la bioquímica sanguínea, además después de 28 d se observó un incremento de peso de los animales (Sabidi et al., 2020). Al suplementar ratas albinas con peso inicial entre 80 y 140 g por 28 d con 10, 30 y 50% de pulpa de yaca, semilla o la combinación de las dos, se concluyó que la pulpa de yaca al 10% posee efectos anti anémicos y mejora el sistema inmunológico. Sin embargo, el consumo en exceso puede provocar alergias (Agiang et al., 2017). En un estudio con ratas Wistar alimentadas con 40 y 60% de semilla yaca que se sometió a un tratamiento de escaldado a 60 °C se demostró que tiene un alto contenido de hierro y proteínas, además de no presentar efectos tóxicos en el hígado y riñón (Isinenyi & Andrew, 2021). Aunado a lo anterior, se comprobó que la alimentación de ratas Swiss albina con 20% de harina de semilla de yaca en dietas altas en sucrosa, ayuda a mejorar el perfil lipídico de la sangre y disminuir los niveles de glucosa en sangre derivado de dietas altas en azúcar (Goswami et al., 2021). De manera similar, el consumo de almidón resistente, obtenido de semilla de yaca por ratones C57BL/6 J, alimentados con dietas altas en grasa logró mantener la homeostasis de los microorganismos intestinales y corregir la hiperlipidemia en simbiosis con *Bifidobacterium pseudolongum* (Zhang et al., 2021).

Conclusiones

Los residuos de las frutas representan una importante acumulación de biorresiduos que tienen un impacto negativo en el medio ambiente. Por lo que es de suma importancia que se logre el aprovechamiento integral de estas en el sector primario, sobre todo de aquellas frutas que presentan un alto porcentaje de residuos, como lo es la yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), de la cual se pueden aprovechar diversos nutrientes (proteína, fibra, hidratos de carbono, vitaminas y minerales) y compuestos activos (fenoles, antivirales, antidiabéticos y antioxidantes), asimismo, contribuir de manera positiva en la alimentación de animales de producción, como pollos de engorda, ovejas y cabras. Además, se ha evidenciado que la yaca favorece la salud del animal, estimula el sistema nervioso, la digestibilidad, por ende, mejora la ganancia de peso y la relación costo-beneficio.

Referencias

- Adan, A. A., Ojwang, R. A., Muge, E. K., Mwanza, B. K., & Nyaboga, E. N. (2020). Phytochemical composition and essential mineral profile, antioxidant and antimicrobial potential of unutilized parts of jackfruit. *Food Research*,4(4), 1125-1134. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(4\).326](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(4).326)
- Agiang, M. A., Dongo, B. S., Williams, I. O., & Utu Baku, A. B. (2017). Assessment of the haematological indices of albino rats fed diets supplemented with jackfruit bulb, seed or a blend of bulb and seed. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(1), 397-407. <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i1.31>
- Ahmed, J., & Thomas, L. (2020). Oscillating rheology of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seed flour dough in relation to different particle size. *Journal of Food Process Engineering*, 43(12), Article e13558. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13558>
- Akmeemana, C., Wickramasinghe, I., Wanniarachchi, P. C., & Vithanage, T. (2022). Effect of drying and frying pre-treatments on nutrient profile, antioxidant capacity, cooking time, and sensory acceptability of easy to cook jackfruit seeds. *Applied Food Research*, 2(2), Article 100234. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100234>
- Antonisamy, A. J., Marimuthu, S., Malayandi, S., Rajendran, K., Lin, Y. C., Andaluri, G., Lee, S. L., & Ponnusamy, V. K. (2023). Sustainable approaches on industrial food wastes to value-added products–A review on extraction methods, characterizations, and its biomedical applications. *Environmental Research*, 217, Article 114758. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114758>
- Aroh, I. M., Odukwe, C. N., Macartan, B. P., Agida, C. A., Ullah, K., & Archibong, B. U. (2023) Raw Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) Seedmeal: Effect on Growth Performance, Organ Weight, Carcass Yield, and Economic Production of Guinea Fowl Keets. *Journal of Applied Life Sciences International*, 26(4), 31-41. <https://doi.org/10.9734/jalsi/2023/v26i4612>
- Barros Castillo, J. C., Calderón Santoyo, M., García Magaña, M. L., Calderón Chiu, C., & Ragazzo Sánchez, J. A. (2022). Volatile compounds released by acid hydrolysis in jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). A comparative study by using SDE and

- HS-SPME techniques. *Journal of Food Composition and Analysis*, 113, Article 104701. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104701>
- Begum, R., Aziz, M. G., Yusof, Y. A., Saifullah, M., & Uddin, M. B. (2021). Evaluation of gelation properties of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) waste pectin. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 2, Article 100160. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2021.100160>
- Brahma, R., & Ray, S. (2022). In-depth analysis on potential applications of jackfruit peel waste: A systematic approach. *Food Chemistry Advances*, 1, Article 100119. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100119>
- Brahma, R., & Ray, S. (2024). Optimization of extraction conditions for cellulose from jackfruit peel using RSM, its characterization and comparative studies to commercial cellulose. *Measurement: Food*, 13, Article 100130. <https://doi.org/10.1016/j.meafao.2023.100130>
- Cagasan, C. U., Lingatong, C. A., Pore, K. M., Ramada, R., Restor, C. D., & Lauzon, R. (2021). Production and quality evaluation of wine from jackfruit co-products. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 4(3), 340-352. <https://doi.org/10.38001/ijlsb.827739>
- Chavez Santiago, J. O., Rodríguez Castillejos, G. C., Montenegro, G., Bridi R., Valdés Gómez, H., Alvarado Reyna, S., Castillo Cruz, O., & Santiago Adame, R. (2022). Phenolic content, antioxidant and antifungal activity of jackfruit extracts (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). *Food Science and Technology*, 42, Article e02221. <https://doi.org/10.1590/fst.02221>
- Cruz Casillas, F. C., García Cayuela, T., & Rodriguez Martinez, V. (2021). Application of conventional and non-conventional extraction methods to obtain functional ingredients from jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) tissues and by-products. *Applied Sciences*, 11, Article 7303. <https://doi.org/10.3390/app11167303>
- Food and Agriculture Organization. (2022). The green development of special agricultural product-jackfruit in China. <https://www.fao.org/3/cc3672en/cc3672en.pdf>

- Eburuaja, A. S., Onabanjo, R. S., Onunkwo, D. N., & Ukenye, U. S. (2019). Performance of broiler chickens fed graded dietary levels of toasted jackfruit seed meal (*Artocarpus heterophyllus*). *Nigerian Journal of Animal Production*, 46(4), 171-178. <https://doi.org/10.51791/njap.v46i4.346>
- Eyoh, G. D., Ibanga, G. L., Udo, M. D., & Offiong, E. E. (2021). Growth performance of west african dwarf (wad) bucks fed graded levels of toasted jackfruit seed meal. *Journal of Agriculture and Food Science*, 5(3) 90-97. <https://www.aksuja.com.ng/search/jackfruit>
- Eyoh, G. D., & Udoh, M. D. (2020). Effects of processed jackfruit seed based diet on nutrient intake, digestibility and nutrition in West African dwarf goats. *Nigerian Journal of Animal Production*, 47(5), 204-212. <https://doi.org/10.51791/njap.v47i5.1271>
- Goswami, C., Kazal, M. K. H., Alam, O., Moon, R. J., Khatun, K., Hossan, M., & Chacrabati, R. (2021). Jackfruit seed powder supplementation attenuates high-sugar diet-induced hyperphagia and hyperglycemia in mice. *Biology and Life Sciences Forum*, 6(1), 92-115. <https://doi.org/10.3390/Foods2021-10970>
- Informes de expertos (2023). *Mercado Global de Jackfruit*. <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-de-jackfruit>
- International Tropical Fruits Network. (2022, March 15). Report on the international webinar on 'Developing the jackfruit for global consumption and markets'. <https://www.itfnet.org/v1/wp-content/uploads/2022/07/JACKFRUIT-REPORT-WITH-eISBN.pdf>
- Isinenyi, G. O., & Andrew, N. (2021). Study on the nutritional compositions of boiled jackfruit seed and its effect on the liver and kidney functions of Wistar albino rats. *International Network Organization for Scientific Research*, 7, 96-108. <https://www.inosr.net/wp-content/uploads/2022/01/INOSR-AP-7196-108-2021.-ISINEYI.pdf>
- Kader, A., Sinha, S. N., & Ghosh, P. (2022). Clonal fidelity investigation of micropropagated hardened plants of jackfruit tree (*Artocarpus heterophyllus* L.) with RAPD markers.

Journal of Genetic Engineering and Biotechnology, 20(1), 145-159.
<https://doi.org/10.1186/s43141-022-00426-0>

Kamdem Bemmo, U. L., Bindzi, J. M., Tayou Kamseu, P. R., Houketchang Ndomou, S. C., Tene Tambo, S., & Ngoufack Zambou, F. (2023). Physicochemical properties, nutritional value, and antioxidant potential of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) pulp and seeds from Cameroon eastern forests. *Food Science & Nutrition*, 11(8), 4722-4734. <http://doi.org/10.1002/fsn3.3437>

Konsue, N., Bunyameen, N., & Donlao, N. (2023). Utilization of young jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) as a plant-based food ingredient: Influence of maturity on chemical attributes and changes during in vitro digestion. *LWT - Food Science and Technology*, 180, Article 114721. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114721>

Krishnan Sundarajan, K. S., & Pottail, L., (2021). Green synthesis of bimetallic Ag@Au nanoparticles with aqueous fruit latex extract of *Artocarpus heterophyllus* and their synergistic medicinal efficacies. *Applied Nanoscience*, 11, 971–981, <https://doi.org/10.1007/s13204-020-01657-8>.

Kushwaha, R., Gupta, A., Singh, V., Kaur, S., Puranik, V., & Kaur, D. (2023). Jackfruit seed flour-based waffle ice cream cone: Optimization of ingredient levels using response surface methodology. *Heliyon*, 9(2), Article e13140. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13140>

Lazarus, B. S., Leung, V., Luu, R. K., Wong, M. T., Ruíz Pérez, S., Barbosa, W. T., Almeida Bezerra, W. B., Barbosa, J. D. V., & Meyers, M. A. (2023). Jackfruit: Composition, structure, and progressive collapsibility in the largest fruit on the Earth for impact resistance. *Acta Biomaterialia*, 166, 430-446. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2023.04.040>

Le, T. A. N., Lee, J. J. L., & Chen, W. N. (2023). Stimulation of lactic acid production and *Lactobacillus plantarum* growth in the coculture with *Bacillus subtilis* using jackfruit seed starch. *Journal of Functional Foods*, 104, Article 105535. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105535>

- Li, B., Wang, J., Wang, X., Zhang, Y., Tan, Y., Zhang, Y., Chu, Z., & Zhang, Y. (2019). Prediction of the postprandial blood sugar response estimated by enzymatic kinetics of in vitro digestive and fine molecular structure of *Artocarpus heterophyllus* lam seed starch and several staple crop starches. *Starch-Stärke*, 71(9-10), Article 1800351. <https://doi.org/10.1002/star.201800351>
- Li, Y. F., Wu, B., Chen, J. P., Veeraperumal, S., Wei, J. C., Tan, K. S., Zhong, S., & Cheong, K. L. (2023). Prebiotic characteristics of added-value polysaccharides from jackfruit peel waste during in vitro digestion and fecal fermentation. *LWT - Food Science and Technology*, 187, Article 115330. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115330>
- Luciano, C. G., Landi Franco, C. M., Ayala Valencia, G., do Amaral Sobral, P. J., & Freitas Moraes, I. C. (2017). Evaluation of extraction method on the structure and physicochemical properties of starch from seeds of two jackfruit varieties. *Starch-Stärke*, 69(11-12), Article 1700078. <https://doi.org/10.1002/star.201700078>
- Maradesha, T., Patil, S. M., Al-Mutairi, K. A., Ramu, R., Madhunapantula, S. V., & Alqadi, T. (2022a). Inhibitory effect of polyphenols from the whole green jackfruit flour against α -glucosidase, α -amylase, aldose reductase and glycation at multiple stages and their interaction: Inhibition kinetics and molecular simulations. *Molecules*, 27(6), Article 1888. <https://doi.org/10.3390/molecules27061888>
- Maradesha, T., Patil, S. M., Phanindra, B., Achar, R. R., Silina, E., Stupin, V., & Ramu, R. (2022b). Multiprotein inhibitory effect of dietary polyphenol rutin from whole green jackfruit flour targeting different stages of diabetes mellitus: Defining a bio-computational stratagem. *Separations*, 9(9), Article 262. <https://doi.org/10.3390/separations9090262>
- Mashudi, M., & Nurmawati, W. (2022). Effect of fermentation on mixed rumen contents and jackfruit peel using *Aspergillus oryzae* on in vitro gas production and digestibility. *E3S Web of Conferences*, 335, Article 00048. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202233500048>
- Moisés de Sousa, A. P., Nascimento Campos, A. R. N., Palmeira Gomes, J., Costa de Santana, R. A., de França Silva, A. P., Buriti de Macedo, A. D., & Dantas Costa, J. (2020).

- Protein enrichment of jackfruit peel waste through solid state fermentation. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 15(1), 1-6.
<https://doi.org/10.5039/agraria.v15i1a6406>
- Morelos Flores, D. A., Anzaldo Mendiola, R. L., Montalvo González, E., Zamora Gaspa, V. M., Chacón López, M. A., Santacruz Varela, A., & García Magaña, M. L. (2023). Characterization and antioxidant capacity of phenolic compounds of jackfruit genotypes from Nayarit, Mexico. *Food Chemistry Advances*, 3, Article 100470.
<https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100470>
- Nakintu, J., Andama, M., Albrecht, C., Wangalwa, R., Lejju, J. B., & Olet, E. A. (2023). Morphological traits of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.): Indicators of diversity, selection and germplasm dispersion in Uganda. *Scientific African*, 22, Article e01900. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01900>
- Nantongo, J. S., Mudondo, S., Oluk, R., Agaba, H., & Gwali, S. (2022). Variation in seed and seedling traits of the different ethno-varieties of jackfruit, a potential fruit tree species for food security. *Trees, Forests and People*, 9, Article 100303.
<https://doi.org/10.1016/j.tfp.2022.100303>
- National Plant Germplasm System. (2023, December 26). Taxon: *Artocarpus heterophyllus* Lam. <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxon/taxonomydetail?id=70095>
- Natta, S., Pal, K., Alam, B. K., Mondal, D., Dutta, S. K., Sahana, N., Mandal, S., Bhowmick, N., Das, S. S., Mondal, P., Pandit, G. K., Paul, P. K., & Choudhury, A. (2023). In-depth evaluation of nutritive, chemical constituents and anti-glycemic properties of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) clonal accessions with flake colour diversity from Eastern Sub-Himalayan plains of India. *Food Chemistry*, 407, Article 135098. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135098>
- Nidhina, K., Abraham, B., Fontes Candia, C., Martínez Abad, A., Martínez Sanz, M., Nisha, P., & López-Rubio, A. (2022). Physicochemical and functional properties of pectin extracted from the edible portions of jackfruit at different stages of maturity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103(6), 3194-3204.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.12391>

- Odukwe, C. N., Onunkwo, D. N., Eburuaja, A. S., & Mathias, V. N. (2017). Carcass and internal organ characteristics of broiler chickens fed soybean diets partially replaced with variable levels of raw jackfruit seed meal. *Nigeria Agricultural Journal*, 48(1), 190-198. <https://www.ajol.info/index.php/naj/article/view/162708>
- Ortega González, L., Güemes Vera, N., Piloni Martini, J., Quintero Lira, A., & Soto Simental, S. (2022). Substitution of wheat flour by jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) seed flour: Effects on dough rheology and deep-frying doughnuts texture and sensory analysis. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 30, Article 100612. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100612>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ...Whiting, P. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790-799. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>
- Papa Spada, F., da Silva, P. P. M., Mandro, G. F., Margiotta, G.B., Spoto, M. H. F., & Canniatti Brazaca, S. G. (2018). Physicochemical characteristics and high sensory acceptability in cappuccinos made with jackfruit seeds replacing cocoa powder. *PLoS ONE*, 13(8), Article e0197654. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197654>
- Ramos Martínez, O., González Cruz, E. M., Calderón Santoyo, M., & Ragazzo Sánchez, J. A. (2022). Polyisoprenes obtained from jackfruit latex (*Artocarpus heterophyllus* L.): Extraction and characterization. *Journal of Applied Polymer Science*, 139(25), Article e52392. <https://doi.org/10.1002/app.52392>
- Ramli, A. N. M., Hamid, H. A., Zulkifli, F. H., Zamri, N., Bhuyar, P., & Manas, N. H. A. (2021). Physicochemical properties and tenderness analysis of bovine meat using proteolytic enzymes extracted from pineapple (*Ananas comosus*) and jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) by-products. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(11), Article e15939. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15939>

- Ranasinghe, R. A. S. N., Maduwanthi, S. D. T., & Marapana, R. A. U. J. (2019). Nutritional and health benefits of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* lam.): A review. *International Journal of Food Science*, 2019, Article 4327183. <https://doi.org/10.1155/2019/4327183>
- Rubiyah, M. H., Melethil, K., Varghese, S., Kurian, M., Babu, S., Jojo, L., & Thomas, B. (2023). Isolation and characterization of cellulose nanofibrils from agro-biomass of Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) rind, using a soft and benign acid hydrolysis. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 6, Article 100374. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2023.100374>
- Sabidi, S., Koh, S. P., Abd Shukor, S., Adzni Sharifudin, S., & Sew, Y. S. (2020). Safety assessment of fermented jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) pulp and leaves in Sprague-Dawley rats. *Food Science & Nutrition*, 8(8), 4370–4378. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1734>
- Samrot, A. V., & Sean, T. C. (2022). Investigating the antioxidant and antimicrobial activity of *Artocarpus heterophyllus* Lam. (Jackfruit) Latex. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 12(3), 3019-3033. <http://dpi.org/10.33263/BRIACI23.30193033>
- Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera. (2022). Anuario estadístico de la producción agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/Spada>, F. P., de Alencar, S. M., & Purgatto, E. (2022). Comprehensive chocolate aroma characterization in beverages containing jackfruit seed flours and cocoa powder. *Future Foods*, 6, Article 100158. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100158>
- Sulaiman, M. A., Yusoff, F. M., Kamarudin, M. S., Amin, S. N., & Kawata, Y. (2022). Fruit wastes improved the growth and health of hybrid red tilapia *Oreochromis* sp. and Malaysian mahseer, *Tor tambroides* (Bleeker, 1854). *Aquaculture Reports*, 24, Article 101177. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101177>
- Sy Mohamad, S. F., Mohd Said, F., Abdul Munaim, M. S., Mohamad, S., & Wan Sulaiman, W. M. A. (2019). Proximate composition, minerals contents, functional properties of Mastura variety jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) sedes and lethal effects of its

- crude extract on zebrafish (*Danio rerio*) embryos. *Food Research*, 3(5), 546-555.
[https://doi.org/10.26656/fr.2017.3\(5\).095](https://doi.org/10.26656/fr.2017.3(5).095)
- Thanh, L. P., Kha, P. T. T., Tinh, P. V. T., & Hang, T. T. T. (2021). Effect of jackfruit leaves on feed utilization and ruminal fermentation of growing goats. *Livestock Research for Rural Development*, 33(8), Article 104.
<https://www.lrrd.org/lrrd33/8/33104phuoc.html>
- Ulloa, J. A., Villalobos Barbosa, M. C., Resendiz Vazquez, J. A., Rosas Ulloa, P., Ramírez, Ramírez, J. C., Silva Carrillo, Y., & González Torres, L. (2017). Production, physico-chemical and functional characterization of a protein isolate from jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seeds. *CYTA - Journal of Food*, 15(4), 497-507.
<https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1301554>
- Utari, A., & Warly, L. (2021). Tannin contents of jackfruit leaves (*Artocarpus heterophyllus*) extract and moringa leaves (*Moringa oleifera*) extract as functional additive feed in ruminan livestock. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 757, Article 012054. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/757/1/012054>
- Wignyanto, W., Rahmah, N. L., & Margani, A. D. (2014). The best solvent and extraction time in pectin production made from waste of jackfruit (bark and straw). *Agroindustrial Journal*, 3(1), 141-148. <https://doi.org/10.22146/aij.v3i1.25030>
- Wirayudha, P., Setyono, W., Budisatria, I. G. S., Rahmawati, R., & Kustantinah, K. (2022). Effects of dietary supplementation with jackfruit leaves and soybean meal on nutrient intake and digestibility in sheep. *Proceedings of the 6th International Seminar of Animal Nutrition and Feed Science*, 21, 82-85.
<http://doi.org/10.2991/absr.k.220401.018>
- Wu, J., Zhou, X., Zhou, L., Lui, W., Zhong, J., Zhang, Y., & Liu, C. (2022). Physicochemical, structural, and functional properties of protein fractions and protein isolate from jackfruit seeds. *Journal of Food Science*, 87(4), 1540-1551.
<https://doi.org/10.1111/1750-3841.16104>

- Xu, F., He S. Z., Chu, Z., Zhang Y.J., & Tan, L. H. (2015). Effects of heat treatment on polyphenol oxidase activity and textural properties of jackfruit bulbs. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(5), 943-949. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12673>
- Zeng, S., Cao, J., Wei, C., Chen, Y., Liu, Q., Li, C., Zhang, Y., Zhu., K., Wu, G., & Tan, L. (2023). Polysaccharides from *Artocarpus heterophyllus* Lam. (jackfruit) pulp alleviate obesity by modulating gut microbiota in high fat diet-induced rats. *Food Hydrocolloids*, 139, Article 108521. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108521>
- Zhang, L., Tu, Z. C., Xie, X., Wang, H., Wang, H., Wang, Z. X., & Lu, Y. (2017). Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) peel: A better source of antioxidants and aglucosidase inhibitors than pulp, flake and seed, and phytochemical profile by HPLC-QTOF-MS/MS. *Food Chemistry*, 234, 303-313. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.003>
- Zhang, Z., Wang, Y., Zhang, Y., Chen, K., Chang, H., Ma, C., Jiang, S., Huo, D., Liu, W., Jha, R., & Zhang, J. (2021). Synergistic effects of the jackfruit seed sourced resistant starch and *Bifidobacterium pseudolongum* subsp. *globosum* on suppression of hyperlipidemia in mice. *Foods*, 10(6), Article 1431. <https://doi.org/10.3390/foods10061431>
- Zuwariah, I., Noor, F., Hadijah, M. B., & Rodhiah, R. (2018). Comparison of amino acid and chemical composition of jackfruit seed flour treatment. *Food Research*, 2(6), 539-545. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.2\(6\)](https://doi.org/10.26656/fr.2017.2(6))

Capítulo 2. El aprovechamiento de residuos de yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) en el rendimiento productivo, calidad de la canal y de la carne de pollos de engorda.

Resumen

Los residuos de la yaca son ricos en nutrientes y pueden utilizarse como nuevo ingrediente en la alimentación animal. El objetivo de este estudio fue evaluar la alimentación de pollos de engorda con diferentes partes de la yaca (semillas, pulpa y cáscara) y el efecto resultante en el rendimiento productivo, la canal y la calidad de la carne, junto con el potencial de utilizar este ingrediente en la alimentación de pollos de engorda. Para este estudio, se dividieron aleatoriamente 220 pollitos Cobb500 comerciales de un día de edad en cuatro tratamientos: control (C), 5% de pulpa en polvo (PY), 5% de semillas en polvo (SY) y 1% de cáscara en polvo (CY), con cinco réplicas ($n = 11$ cada una), con un período de crecimiento de 56 días. Los valores más altos de peso final y mejor índice de conversión alimenticia se observaron en el grupo de la cáscara de yaca. Se obtuvieron resultados similares en cuanto al rendimiento de la canal y la histología del intestino delgado. El color de la piel obtenido en los grupos que utilizaron yaca presentó valores de amarillez más altos ($SY = 23.68 \pm 0.4$; $PY = 25.16 \pm 0.5$; $CY = 24.76 \pm 0.5$). El sabor y la aceptabilidad general de la carne fueron similares en todos los tratamientos. La conclusión de este estudio es que la cáscara de yaca se puede añadir a la preparación del pienso para el crecimiento de los pollos de engorda, ya que aumenta el consumo de alimento, lo que contribuye a un mayor aumento de peso corporal y a una mejor tasa de conversión alimenticia sin afectar al peso de la canal, la morfología intestinal o la aceptabilidad general de la carne por parte de los consumidores.

Abstract

Jackfruit residues are rich in nutrients and could be used as a new ingredient in animal feed. The aim of the present study was to evaluate the effects of feeding different sections of jackfruit (seed, pulp, and peel) on productive performance, carcass, and meat quality in broiler chickens. To accomplish this goal, 220 one-day-old commercial Cobb500 chicks were

randomly divided into four treatments: Control (C), 5% pulp powder (PY), 5% seed powder (SY) and 1% peel (CY) powder, each group with five replicates (n = 11), the experiment was carried out during 56 days. The highest final weight and the best feed conversion ratio values were observed in the jackfruit peel group. There were similar results for carcass yield and histology for the small intestine. The skin colour obtained from the groups using jackfruit had higher yellowness values (SY=23.68 ± 0.4; PY=25.16 ± 0.5; CY=24.76 ± 0.5). The taste and general acceptability of the meat were similar in all treatments. The conclusion of this study is that jackfruit peel can be added to prepare feed for broiler growth as it increases feed intake, which contributes to increased body weight gain and feed conversion ratio without affecting carcass weight, intestinal morphology, or the general acceptability of meat by the consumers.

Palabras clave

Alimento para pollos de engorda, ingredientes alternativos, subproductos agrícolas, análisis sensorial.

Introducción

Durante muchos años, la industria avícola ha utilizado antibióticos como promotores del crecimiento. Sin embargo, ahora hay pruebas de que su uso tiene un impacto escaso o, de hecho, negativo en la promoción del crecimiento de los pollos de engorda (El-Fateh et al., 2024), y tiene un profundo impacto en la salud humana. Sin embargo, existe una demanda creciente de productos avícolas, por lo que esta industria necesita aumentar la producción sin incrementar los costos ni afectar negativamente al medio ambiente ni a la salud humana (Ma et al., 2015). Debido a lo anterior, la industria avícola necesita desarrollar un plan a largo plazo que tenga en cuenta el alto costo de los alimentos, los antibióticos y los promotores del crecimiento prohibidos (Sugiharto, 2023).

Se han propuesto algunas alternativas para reducir los problemas asociados a la industria avícola, al tiempo que se contribuye a mejorar el rendimiento productivo de los animales. Además, existen varios ingredientes no convencionales que podrían utilizarse para alimentar

a los animales y reducir los costos de producción (Orayaga et al., 2015). Algunos residuos de la agroindustria utilizados para alimentar a los pollos de engorda han mostrado resultados positivos en cuanto al aumento del rendimiento productivo, como el polvo de grosella espinosa (Patel et al., 2016), el orujo de frutos secos, incluyendo cereza, fresa y manzana (Sosnowka-Czajka et al., 2023), y el orujo de grosella negra y fresa (Colombino et al., 2020). Además, otros estudios indican una mejora en la calidad de la carne cuando se utilizan otros residuos agrícolas, como el fruto seco de la okra (Ashour et al., 2020). Cada año, los seres humanos producen 1300 millones de toneladas de residuos alimentarios, una gran parte de los cuales son frutas y verduras (Wadhwa et al., 2015). Recientemente, el concepto de cero residuos ha cobrado importancia, dado que los residuos alimentarios se consideran una amenaza para el medio ambiente, aunque existen algunos compuestos bioactivos que pueden explotarse para obtener productos de valor añadido (Antonisamy et al., 2023).

La yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) se considera la fruta más grande del mundo (Lazarus et al., 2023) y tiene propiedades antivirales, antiinflamatorias, antioxidantes, anticancerígenas y antidiabéticas que podrían beneficiar a los seres humanos (Natta et al., 2023). Sin embargo, el procesamiento de esta fruta genera una acumulación de residuos que tiene un impacto negativo en el medio ambiente (Adan et al., 2020). Solo la pulpa es apta para el consumo humano, lo que representa entre el 20 y el 30% del peso total, lo que significa que entre el 70 y el 80% de la yaca no es comestible (Brahma y Ray, 2024).

Como se mencionó anteriormente, la yaca que no se utiliza para el consumo humano o los residuos obtenidos de otras secciones de esta fruta pueden utilizarse para la alimentación animal, aunque hay poca información sobre el uso de las secciones de la yaca para alimentar aves de corral o gallinas.

El objetivo de este estudio fue evaluar la alimentación de pollos de engorda con diferentes partes de la yaca (semillas, pulpa y cáscara) y el efecto sobre el rendimiento productivo, las características de la canal, de la carne, la vida útil y el análisis sensorial para determinar la idoneidad de la fruta como ingrediente o aditivo para la alimentación de estos animales.

Materiales y métodos

La investigación fue aprobada por el Comité Institucional para el Cuidado y Uso de los Animales de Laboratorio de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, dando el folio de aprobación: CICUAL-V-I/011/2023. El estudio se llevo a cabo en el municipio de Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo, México (20°03'40" Norte y 98°23'00" Oeste).

Diseño experimental

El estudio se conformó por 220 pollos machos de la línea Cobb-500 de 1 d de edad, distribuidos completamente al azar en cuatro grupos, cada grupo con cinco repeticiones y cada repetición con once animales. Para cada una de las repeticiones los animales se alojaron en piso jaulas de alambre galvanizado de 1 m², acondicionadas con bebederos de copa, comederos de lámina galvanizada, cama de viruta de madera utilizada, además la iluminación fue de 12 h luz y 12 h oscuridad.

Obtención de la yaca

Para obtener la cáscara, las semillas y la pulpa, se adquirieron 175 kg de yaca comercialmente madura en Xicotepec de Juárez, en el estado de Puebla. En primer lugar, la fruta se lavó, se cortó y se dividió en secciones (semillas, pulpa y cáscara), que se secaron a 60 °C durante 72 horas utilizando un secador Riossa HCF-82 (TPM Equipos, Ciudad de México, México). Posteriormente, las muestras se molieron en un molino Swissmex SW610350 (Swissmex-Rapid, Lagos de Moreno, Jalisco, México) utilizando una criba de 6.35 mm. El análisis químico aproximado de las diferentes secciones de la yaca se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Análisis químico proximal de las diferentes secciones de la yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.).

Variables (%)	Secciones de la yaca		
	Pulpa	Semilla	Cáscara
Materia seca	10.02 ± 0.07	12.78 ± 0.36	16.07 ± 0.73
Cenizas	6.47 ± 0.5	5.00 ± 0.00	5.97 ± 0.56
Proteína cruda	13.10 ± 1.72	17.52 ± 0.02	9.01 ± 0.56
Fibra detergente neutro	39.15 ± 1.12	57.08 ± 2.97	67.77 ± 0.64
Fibra detergente ácido	31.41 ± 0.33	40.06 ± 1.30	57.16 ± 0.27

Media ± desviación estándar

Alimentación

Los animales fueron alimentados con cuatro dietas: un grupo de control (C), 5% de pulpa (PY), 5% de semillas (SY) y 1% de cáscara (CY). El porcentaje de incorporación de cada parte de la yaca se eligió en función de su contenido de proteínas y fibra. Se diseñaron tres dietas para alimentar a las aves: inicio (1 a 7 días), crecimiento (8 a 30 días) y terminación (31 a 56 días), como se muestra en la Tabla 2. Todas las dietas eran isoproteicas (Energía Metabolizable: iniciación = 22%, crecimiento = 20% y terminación = 18% de proteína bruta), isoenergéticas (iniciación = 2.8 Mcal kg MS⁻¹; crecimiento y terminación = 3.0 Mcal kg MS⁻¹) e isofibrosas (4% de fibra bruta) de acuerdo con sus requerimientos nutricionales (Santiago et al., 2024), mientras que la composición nutricional de los ingredientes se calculó utilizando datos de la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA, 2019). Todos los ingredientes se mezclaron utilizando una mezcladora helicoidal doble ASF MZ50 (Molinos y Mezcladoras Industriales S.A. de C.V., Ciudad de México, México), y los pellets posteriores se obtuvieron utilizando una peletizadora SKJ120 (Shandong, China). Todos los animales recibieron alimento y agua *ad libitum*.

Tabla 2. Ingredientes ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de materia seca) y nutrientes calculados de dietas con diferentes partes de yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) añadidas al alimento para pollos de engorda.

Ingredientes ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ BH)	Tratamientos ¹											
	C	SY	PY	CY	C	SY	PY	CY	C	SY	PY	CY
	Inicio				Crecimiento				Finalización			
Cebada	20	-	-	10	-	-	-	10	10	-	-	-
Maíz	210	210	210	210	300	350	350	320	550	545	540	550
Sorgo	260	235	235	260	250	200	200	210	20	-	-	20
Harina galleta	30	30	30	30	30	30	30	30	60	60	60	60
Pasta de soya	390	385	390	390	350	300	300	350	290	275	280	290
Aceite de soya	60	60	60	60	40	40	40	40	40	40	40	40
Premezcla vitaminas y minerales ²	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Semilla de yaca	-	50	-	-	-	50	-	-	-	50	-	-
Pulpa de yaca	-	-	50	-	-	-	50	-	-	-	50	-
Cáscara de yaca	-	-	-	10	-	-	-	10	-	-	-	10
Proteína bruta (%)	22		20		18							
Fibra bruta (%)	4		4		4							
Energía metabolizable $\text{Mcal}\cdot\text{kg}^{-1}$ MS	2.8		3		3							

¹C=Control, SY= 5% Semilla de yaca, PY=5% Pulpa de yaca, CY=1% Cáscara de yaca. ²Composición de la premezcla en % [Aminoácidos 20, calcio 14, fósforo 2.3, vitaminas y minerales 4% y aditivos funcionales 21.8].

Parámetros productivos

Durante el periodo de crecimiento, se midieron los parámetros productivos, que fueron el consumo diario de alimento y el peso semanal de los animales utilizando una báscula Mettria MTNUV-40 (Mettria, Ciudad de México, México). Los datos obtenidos se utilizaron para calcular el aumento de peso cada semana, así como el global, considerando el inicial y el final. Además, se calculó la conversión alimenticia con la siguiente ecuación:

$$\text{Conversión alimenticia} = \frac{\text{Alimento consumido (Kg)}}{\text{Peso ganado (Kg)}}$$

Los pollos de engorda se les dio muerte a los 56 días de edad, de acuerdo con la legislación nacional para la matanza de animales: Métodos para dar muerte a animales domésticos y silvestres NOM-033-SAG/ZOO-2014.

Histopatología intestinal

Se obtuvieron muestras del intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon) de pollos de engorda alimentados con todos los tratamientos. Más tarde, estas muestras se procesaron utilizando el método de relieve con parafina (Prophet et al., 1992) con un procesador automático de tejidos modelo TP120 de Microm (Microm GmbH, Waldorf, Alemania). Las muestras se tiñeron utilizando el método de hematoxilina y eosina (Prophet et al., 1992). Posteriormente, las muestras se analizaron utilizando un microscopio Olympus BX41 de campo claro (Olympus Corporation, Tokio, Japón). Se observaron cambios en los tejidos, mientras que las imágenes se capturaron utilizando el software ImagePro ver. 6.0 (MediaCybernetics).

Calidad de la canal

Para determinar la composición de las características de las canales de los pollos de engorda, se pesaron las canales calientes de las aves (se consideró la canal después de retirar la sangre, las plumas, las vísceras, la cabeza y las patas). Las vísceras se pesaron en su totalidad y por separado el corazón, el hígado y los riñones. Se pesaron las canales frías después del proceso de enfriamiento (5 °C / 5 min). Las canales se dividieron en pechuga, piernas, muslos, alas y resto de la canal. Todas las mediciones se realizaron con una báscula Torrey L-PCR (Torrey, Monterrey, NL, México).

A partir del proceso de pesaje descrito anteriormente, se calcularon los porcentajes de rendimiento de la canal caliente y fría con respecto al peso vivo, mientras que el rendimiento

en la cámara frigorífica se determinó a partir de la diferencia entre el peso de la canal caliente y el peso de la canal fría.

Calidad de la carne

La evaluación de la calidad de la carne, se realizó a los 60 min posteriores a la matanza, en el músculo *Pectoralis*, en donde se midió el pH (por triplicado), con un potenciómetro marca Hanna, modelo HI99163 (Hanna instruments, Cluj-Napoca, Rumania), y el color de acuerdo al espacio de color CIEL*a*b* (5 repeticiones) usando iluminante estándar D65, apertura de ocho milímetros y observador de 10°, con un colorímetro marca Minolta, modelo CM-508d (Konica Minolta, Tokyo, Japan) como se indica en las recomendaciones de medición del color de la carne descritas por King et al. (2023).

Análisis sensorial

Todas las piezas de pechuga de cada tratamiento, se deshuesaron para obtener únicamente la carne, posteriormente, ésta se envasó al vacío y se congelaron hasta su uso (tres meses) para el análisis sensorial. Posteriormente, la carne de las muestras se descongeló, se molió y se mezcló con sal al 1%. La carne (40 g) se colocó en papel de aluminio y se cocinó en una parrilla modelo Vollrath 40795 (Vollrath, Wisconsin, EE. UU.) a 205 °C durante 2.5 minutos. Se realizó un análisis sensorial utilizando muestras de carne de pechuga obtenidas de todos los grupos (C, SY, PY y CY). Se reclutó a sesenta y seis consumidores con una edad media de 29 años para evaluar las muestras, de los cuales el 47% eran mujeres y el 53% hombres. Se realizó una prueba descriptiva para determinar los niveles de aceptabilidad de las muestras. Se pidió a los consumidores que evaluaran las propiedades sensoriales de la carne molida y cocida de pollo de engorda teniendo en cuenta cinco atributos: olor, firmeza, jugosidad, sabor y aceptabilidad general. Cada atributo se calificó utilizando una escala lineal de 10 cm marcada con palabras que indicaban intensidad débil a la izquierda e intensidad fuerte a la derecha. Se ofrecieron 10 g de carne de cada tratamiento acompañadas de agua y galletas sin sal para enjuagar la boca entre cada muestra. La prueba se llevó a cabo en cabinas de laboratorio de análisis sensorial que cumplían los requisitos internacionales indicados en

la norma ISO 8589 (ISO, 2014). Además, se determinó el color de la carne cruda utilizando tres variantes (blanco, rojo y amarillo), tal y como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3. Descriptores con escala (0 a 10) utilizados para evaluar la carne cruda y cocida de pollo.

Atributo	Descripción
	Carne de pollo molida y cocida
Olor	0 = olor ligero, 10 = olor intenso
Dureza	0 = extremadamente suave, 10 = extremadamente duro
Jugosidad	0 = extremadamente seco, 10 = extremadamente jugoso
Sabor aceptable	0 = extremadamente inaceptable, 10 = extremadamente aceptable
Aceptabilidad general	0 = extremadamente inaceptable, 10 = extremadamente aceptable
Carne de pollo molida y cruda	
Rojo	0 = ligero, 10 = intenso
Amarillo	0 = ligero, 10 = intenso

Análisis estadístico

Este estudio se llevó a cabo utilizando un diseño completamente aleatorio, y los datos se analizaron mediante ANOVA utilizando un modelo mixto para las variables de consumo de alimento, ganancia diaria de peso, peso semanal y conversión alimenticia, de acuerdo al siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha_i(\beta_j) + \epsilon_{ij}$$

Se utilizó un modelo lineal general para la calidad de la canal, de la carne y el análisis sensorial, de acuerdo con el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta observada

μ = Media general

α_i = Efecto del factor “A” (dietas experimentales)

β_j = Efecto del factor “B” (semanas)

$\alpha_i(\beta_j)$ = Efecto de la anidación del factor “B” en el factor “A”

ϵ_{ij} = Error experimental

Las diferencias entre las medias fueron evaluadas utilizando la opción LSMEANS ($p < 0.05$). Todos los datos fueron analizados utilizando el software SAS versión 9.0.

Resultados y discusión

Parámetros productivos

Los resultados del rendimiento productivo durante el crecimiento de los pollos de engorda se muestran en la Tabla 4, tales como el consumo de alimento, el aumento de peso, el peso semanal y el índice de conversión alimenticia. El consumo de alimento durante la primera semana fue similar entre los tratamientos ($p > 0.05$), fluctuando entre 13.6 y 14.2 g d⁻¹. Las diferencias entre los grupos fueron evidentes a partir de la quinta semana ($p < 0.05$), ya que los grupos C y CY consumieron menos alimento durante la quinta y sexta semana, respectivamente. Sin embargo, en la sexta semana, el grupo SY ingirió la mayor cantidad de alimento durante la segunda mitad del experimento. El aumento de peso diario fue diferente entre los grupos ($p < 0.05$) solo durante la quinta semana de crecimiento, siendo los grupos C y CY los que presentaron los mayores aumentos de peso. Posteriormente, el índice de conversión alimenticia (ICA) fue diferente ($p < 0.05$) entre los tratamientos, registrándose los valores más altos en la tercera semana de crecimiento. Los grupos CY, SY y C tuvieron un ICA más bajo que el grupo PY.

El efecto sobre el consumo de alimento está relacionado con los componentes de las secciones de la yaca. Agiang et al. (2017) alimentaron a ratas con diferentes cantidades de

pulpa de yaca y demostraron que el peso disminuía debido a la presencia de factores antinutricionales como los oxalatos y los fitatos, que pueden afectar a la biodisponibilidad de los nutrientes.

Tabla 4. Medias de los mínimos cuadrados del comportamiento productivo de pollos alimentados con yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.).

Variable	Semanas	Tratamientos ¹				MEE ²
		C	SY	PY	CY	
Consumo de alimento (g)	1	14.15 ^d	13.84 ^f	14.05 ^e	13.62 ^e	6.14
	2	29.98 ^d	33.35 ^e	31.77 ^d	29.96 ^d	6.68
	3	67.95 ^c	67.98 ^d	69.92 ^c	65.00 ^c	6.87
	4	99.48 ^b	106.63 ^c	104.16 ^b	97.19 ^b	6.87
	5	126.30 ^{aBC}	148.85 ^{bA}	139.32 ^{aAB}	119.09 ^{aC}	6.87
	6	131.12 ^{aC}	172.18 ^{aA}	150.40 ^{aB}	134.00 ^{aBC}	6.87
	MEE ²	6.74	6.74	6.74	6.62	
Ganancia de peso diaria (g)	1	9.20 ^e	15.68 ^c	16.46 ^d	15.07 ^d	4.02
	2	15.98 ^d	15.07 ^c	15.93 ^c	16.10 ^c	4.38
	3	34.81 ^c	27.19 ^c	30.49 ^c	31.45 ^c	4.50
	4	49.61 ^{bc}	44.74 ^b	45.98 ^b	48.50 ^b	4.67
	5	70.15 ^{abA}	61.67 ^{aB}	64.18 ^{bB}	75.81 ^{abA}	4.50
	6	79.84 ^a	74.31 ^a	74.65 ^a	68.19 ^a	4.50
	MEE ²	4.42	4.42	4.50	4.45	
Conversión alimenticia	1	1.55 ^{cA}	0.88 ^{cB}	0.85 ^{cB}	0.91 ^{cB}	0.17
	2	1.88 ^{bc}	2.21 ^{bc}	2.00 ^c	1.87 ^{bc}	0.18
	3	1.98 ^{bB}	2.52 ^{aA}	2.30 ^{aA}	2.09 ^{aA}	0.19
	4	2.05 ^{abB}	2.48 ^{bA}	2.28 ^{bA}	2.12 ^{bcB}	0.19
	5	1.83 ^{aB}	2.49 ^{abA}	2.17 ^{aB}	1.56 ^{bB}	0.19
	6	1.65 ^{aB}	2.35 ^{abA}	2.02 ^{abB}	2.23 ^{bA}	0.19
	MEE ²	0.18	0.18	0.19	0.18	

¹C=Control, SY= 5% Semilla de yaca, PY=5% Pulpa de yaca, CY=1% Cáscara de yaca. ²MEE: Media del Error Estándar. ^{abcd} Literales diferentes entre filas indican diferencias significativas ($p < 0.05$). ^{ABC} Literales diferentes entre columnas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

En un estudio relacionado, Kadem Bemmo et al. (2023) describieron la presencia de compuestos antinutricionales en la pulpa y las semillas hervidas de la yaca, como taninos condensados, taninos hidrolizados, oxalatos, fitatos y saponinas. Sin embargo, el uso de un 10% de semillas de yaca tostadas para alimentar a cabras enanas de África occidental contribuyó a un aumento del peso corporal (Eyoh et al., 2021). Esto podría atribuirse al proceso de tostado, que contribuye a la disminución de compuestos antinutricionales, como el fitato, el oxalato y el tanino (Eyoh et al., 2020).

La yaca contiene factores antinutricionales que pueden influir en la ingesta de alimento, lo que a su vez afecta al peso corporal durante el crecimiento de los animales. Sin embargo, algunos compuestos fenólicos pueden mejorar el crecimiento, y es posible que la cáscara de la yaca contenga algunos de estos compuestos. Dado que la yaca contiene 14 compuestos fenólicos diferentes que contribuyen a las propiedades antioxidantes de la fruta y compuestos fenólicos que se encuentran en toda la fruta (Maradesha et al., 2022), las semillas, la pulpa (Kamdem Bemmo et al., 2023) y la cáscara (Zhang et al., 2017). Estos compuestos fenólicos, como los ácidos gálico y tánico, pueden mejorar el crecimiento en la alimentación de las aves de corral con cáscara de yaca. Patel et al. (2016) evaluaron los frutos de *Emblica officinalis* utilizados para alimentar a los pollos de engorda e indicaron que los ácidos gálico y tánico podrían tener efectos anabólicos y antioxidantes que contribuyen al crecimiento de estos animales. Es posible que la yaca aumente el crecimiento de los pollos de engorda, ya que el peso corporal final en este estudio fue superior al registrado por Odokwe et al. (2017), quienes añadieron semillas de yaca en diversas proporciones a la dieta de los pollos de engorda. Los nutrientes y compuestos fenólicos de la yaca son un factor clave que contribuye al desarrollo y crecimiento de los pollos de engorda, aunque estos compuestos se ven afectados por el clima, la zona geográfica y los métodos de procesamiento y extracción (Erinle y Adewole, 2022).

En otro estudio, se utilizó la cáscara de yaca para alimentar a peces tilapia rojos, lo que dio lugar a un aumento en la tasa de crecimiento y el aumento de peso (Sulaiman et al., 2022). Además, Zhang et al. (2017) descubrieron que la cáscara de yaca tenía más compuestos fenólicos que la pulpa o las semillas, y es posible que este tipo de compuestos favorezcan el crecimiento tanto de los peces como del ganado (Sulaiman et al., 2022). Aunque la cáscara

de yaca se considera un residuo, tiene un alto contenido nutricional y propiedades energéticas, por lo que puede utilizarse para alimentar a los pollos de engorda (Sugiharto, 2023). Sin embargo, Eburuaja et al. (2019) evaluaron las semillas tostadas en las dietas de los pollos de engorda y observaron una alta tasa de conversión alimenticia. El estudio recomendó añadir un 5% de semillas tostadas para aumentar el porcentaje de rendimiento de la canal.

Histopatología intestinal

Los resultados histológicos del intestino delgado tras el uso de yaca como alimento para pollos de engorda se muestran en la Figura 1. No se observaron cambios morfológicos que indicaran efectos patológicos en ninguno de los tratamientos. Sin embargo, el análisis del intestino delgado de las tres secciones analizadas (duodeno, yeyuno e íleon) de todos los animales muestreados (todos los tratamientos) reveló una infiltración linfocitaria moderada en la lámina propia y una ligera presencia a nivel epitelial. Además, no se observaron cambios ni alteraciones patológicas en la estructura de los órganos, mientras que no se detectó la presencia de protozoos ni bacterias.

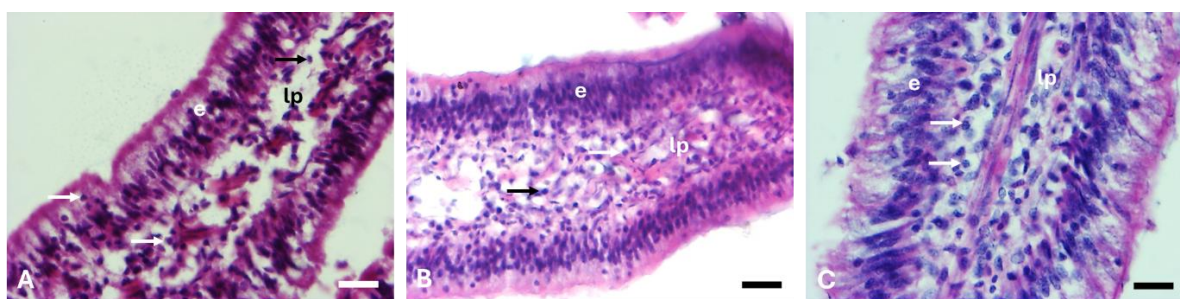


Figura 1. Intestino delgado de pollos de engorda alimentados con diferentes componentes de yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). Coloración: Hematoxilina y Eosina. 40X. A. Duodeno, suplemento con 5% de pulpa. B. Yeyuno, suplemento con 5% de semilla. C. Íleon, suplemento con 1% de cáscara. No hay evidencia morfológica de cambios patológicos, ni diferencia con los respectivos grupos controles. Nótese, sin embargo, la presencia de infiltración linfocitaria en la lámina propia de todos los tratamientos, la cual se encontró de modo similar en los grupos controles. Barras = 20 μ m.

Por otro lado, la descripción de los hallazgos histológicos de los tres órganos definidos en este estudio se relacionó principalmente con la infiltración de linfocitos en la túnica mucosa. Esto es de esperarse, ya que la población de microorganismos se vuelve densa durante el crecimiento de los pollos de engorda e interactúa directamente con el huésped cuando se ingiere el alimento (Pan y Zu, 2014).

No se encontraron pruebas que sugirieran que la suplementación del alimento para pollos de engorda con yaca tuviera un efecto negativo en la morfología del intestino delgado. Tal y como afirman Colombino et al. (2020), los compuestos fenólicos que se encuentran en las frutas no afectan en la morfología intestinal.

Además, no se observaron cambios patológicos importantes en la integridad estructural de los órganos estudiados entre los tratamientos, mientras que no hubo diferencias con el grupo de control. Según estos resultados, la suplementación de diferentes componentes de la yaca en el pienso para pollos de engorda en las cantidades utilizadas en esta investigación no causa daños en la arquitectura del tejido del intestino delgado.

Perin et al. (2023) concluyeron que los compuestos bioactivos pueden influir positivamente en las características morfofisiológicas del intestino delgado. Colombino et al. (2020) no observaron cambios significativos en los tres segmentos del intestino delgado, ni en la absorción de los nutrientes, tras administrar suplementos de residuos de fruta a pollos de engorda.

Calidad de la canal

Los resultados de los rasgos de la canal se muestran en la Tabla 5. La evaluación de los cortes principales muestra diferencias entre los tratamientos ($p < 0.05$) en los cortes de menor valor. Los pesos respectivos del hígado y el corazón fueron diferentes ($p < 0.05$), y los animales de los grupos SY, PY y CY tuvieron los órganos más pequeños en comparación con el grupo control. Los rendimientos de la canal fueron similares ($p < 0.05$) entre todos los grupos.

El uso de residuos agroindustriales para alimentar a los animales no afecta al rendimiento de las canales. Existen numerosos estudios que indican que el uso de residuos de frutas como manzanas, cerezas y fresas (Sosnowka-CZajka et al., 2023), espino amarillo (Ma et al., 2015),

algarrobo (Mahmoudi et al., 2022), bocaiuva (Perin et al., 2023) y okra (Ashour et al., 2020) no afecta al rendimiento de la canal fría cuando se añaden residuos de frutas de baja calidad a la dieta de los pollos de engorda.

Tabla 5. Medias de los mínimos cuadrados de las características de la canal de pollos alimentados con yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.).

Variables (%)	Tratamientos ¹				MEE ²
	C	SY	PY	CY	
Rendimiento de la canal y de las vísceras³					
Rendimiento canal caliente	64.95	67.10	65.83	65.18	1.06
Rendimiento canal fría	66.84	68.89	67.99	67.13	1.39
Plumas	8.76	8.17	8.83	8.87	3.06
Vísceras	11.61	12.19	11.98	12.00	0.52
Hígado	2.63 ^a	2.36 ^{ab}	2.30 ^b	2.11 ^b	0.10
Corazón	0.84 ^a	0.71 ^b	0.75 ^{ab}	0.81 ^{ab}	0.03
Molleja	1.37	1.25	1.32	1.25	0.09
Rendimiento por chiller ⁴	102.90	102.65	103.40	103.04	0.37
Características de la canal⁵					
Piernas	12.29	12.02	11.81	1.69	0.22
Muslos	13.65	13.90	14.37	14.60	0.38
Pechuga	33.82	34.72	34.64	35.30	0.72
Alas	10.21	10.12	10.49	10.31	0.20
Pescuezo	5.55 ^a	5.84 ^a	4.75 ^b	4.89 ^b	0.20
Huacal	8.68	8.76	7.80	8.26	0.23
Rabadilla	7.49 ^a	7.38 ^a	7.69 ^a	6.37 ^b	0.31
Cabeza	3.23 ^a	2.75 ^b	2.85 ^b	2.87 ^b	0.12
Patas	4.75	4.46	4.91	4.93	0.18

¹C=Control, SY= 5% Semilla de yaca, PY=5% Pulpa de yaca, CY=1% Cáscara de yaca. ²MEE: Media del Error Estándar. ³Los porcentajes de las variables se calcularon con respecto al peso vivo. ⁴Calculado con respecto a la canal caliente. ⁵Calculado con respecto al peso de la canal fría. ^{ab}Literales diferentes entre columnas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Calidad de la carne

Las características de la carne de los pollos alimentados con diferentes partes de la yaca se muestran en la Tabla 6. El valor L* de la carne fue mayor ($p < 0.05$) en los grupos C y CY, mientras que el amarillo fue mayor en los grupos SY, PY y CY. Del mismo modo, el tono y la cromaticidad de la piel fueron mayores en los grupos SY, PY y Cy en lo que respecta al índice de amarillo.

Tabla 6. Medias de los mínimos cuadrados del color de la carne y piel de pollos alimentados con yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.).

Variables	Tratamientos ¹				MEE ²	
	C	SY	PY	CY		
Carne	L*	57.17 ^a	53.59 ^b	54.92 ^b	58.40 ^a	0.51
	a*	0.34	0.77	0.22	0.45	0.17
	b*	13.42	13.76	13.68	15.02	0.49
	C	13.51	13.81	13.78	15.09	0.50
	H	85.08 ^b	86.22 ^{ab}	86.32 ^{ab}	87.50 ^a	0.46
	pH	6.49 ^{ab}	6.42 ^c	6.45 ^{bc}	6.52 ^a	0.01
Piel	L*	62.59	63.67	63.77	63.51	0.41
	a*	5.20 ^a	4.69 ^a	3.62 ^b	3.86 ^b	0.31
	b*	20.58 ^b	23.68 ^a	25.16 ^a	24.76 ^a	0.45
	C	21.45 ^b	24.25 ^a	25.47 ^a	25.10 ^a	0.48
	H	68.90 ^b	75.22 ^a	82.01 ^a	81.29 ^a	2.65

¹C=Control, SY= 5% Semilla de Yaca, PY=5% Pulpa de Yaca, CY=1% Cáscara de Yaca. ²MEE: Media del Error Estándar. ^{abc} Literales diferentes entre columnas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

El color de la carne es la característica más importante para la aceptación de la carne por parte del consumidor (Adeyemi y Sazili, 2014), y la percepción del color de la carne es el resultado de la interacción entre la fuente de luz y el ojo humano o el colorímetro utilizado (King et al., 2023). Las diferencias observadas en el color de la carne y la piel podrían deberse al contenido de pigmentos naturales de la yaca, como los carotenoides (Sosnowka-Czajka et

al., 2023), responsables de la pigmentación amarilla y roja y que se encuentran en la fruta. La yaca también contiene carotenoides como la luteína y el β -caroteno (de Faria et al., 2009). El pH es el resultado de la transformación del glucógeno en ácido láctico durante la conversión del músculo en carne (Adeyemi y Sazili, 2014; Ashour et al., 2020; Matarneh et al., 2023). Los resultados indican que los grupos C y CY tenían un pH más alto en comparación con los grupos SY y PY. Sin embargo, los valores de pH encontrados en este estudio fueron más altos que los de otros estudios, que consideran que un pH normal oscila entre 5.7 y 5.9. Cualquier valor inferior o superior a este rango se asocia con defectos en la carne (Perin et al., 2023; Hammemi et al., 2024).

Análisis sensorial

Los resultados del análisis sensorial de la carne de pollo alimentado con diferentes partes de la yaca se muestran en la Tabla 7. La intensidad del atributo olor tuvo los valores más bajos ($p < 0.05$) en el grupo CY. Los grupos C, SY y PY registraron los parámetros de dureza más bajos y los valores de jugosidad más altos ($p < 0.05$). Además, los grupos C y SY mostraron la mayor intensidad en términos de rojez, mientras que la mayor intensidad de amarillez se registró en el grupo CY ($p < 0.05$). Por último, en cuanto al sabor y la aceptabilidad general, todos los tratamientos fueron similares ($p < 0.05$).

El consumo de carne depende de atributos sensoriales que se ven influidos por factores ante y post mortem (Adeyemi y Sazili, 2014). Ashour et al. (2020) indican que el pH de la carne es uno de los principales factores que influyen en su calidad, incluyendo el color, la jugosidad y la dureza. Samutsri et al. (2023) desarrollaron un análisis sensorial con albóndigas de pollo añadidas con yaca inmaduro y encontraron atributos similares en cuanto a aroma, sabor y preferencia general.

Tabla 7. Medias de los mínimos cuadrados del análisis sensorial de carne molida de pollos alimentados con yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.).

Variables (puntaje)	Tratamientos ¹				MEE ²
	C	SY	PY	CY	
Olor	3.91 ^{ab}	3.96 ^a	3.97 ^a	3.12 ^b	0.29
Dureza	4.01 ^b	3.45 ^b	4.03 ^b	5.66 ^a	0.24
Jugosidad	5.31 ^a	5.67 ^a	5.32 ^a	3.64 ^b	0.24
Sabor aceptable	6.21	6.31	6.08	6.17	0.25
Aceptabilidad general	6.35	6.61	6.39	6.49	0.24
Intensidad de color rojo	7.03 ^a	6.98 ^a	5.73 ^b	1.57 ^c	0.22
Intensidad de color amarillo	1.89 ^c	1.83 ^c	2.74 ^b	7.14 ^a	0.21

¹C=Control, SY= 5% Semilla de Yaca, PY=5% Pulpa de Yaca, CY=1% Cáscara de Yaca. ²MEE: Media del Error Estándar. ^{abc} Literales diferentes entre columnas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Conclusión

El uso de la cáscara de yaca demostró una mejora en el rendimiento productivo de los pollos de engorda sin afectar el rendimiento de la canal, la histología del intestino delgado ni la aceptabilidad general de la carne. Estos hallazgos respaldan la posible aplicación de la cáscara de la fruta del árbol del pan como alternativa a los productos químicos en la producción de pollos de engorda, lo que contribuye a prácticas de alimentación más seguras y sostenibles desde el punto de vista medioambiental y mejora la idoneidad de la carne de pollo de engorda para el consumo humano.

Referencias

- Adan, A.A., Ojwang, R.A., Muge, E.K., Mwanza, B.K. & Nyaboga, E.N. (2020). Phytochemical composition and essential mineral profile, antioxidant and antimicrobial potential of unutilized parts of jackfruit. *Food Research*, 4(4):1125–34. [http://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(4\).326](http://doi.org/10.26656/fr.2017.4(4).326)
- Adeyemi, K. D., & Sazili, A. Q. (2014). Efficacy of carcass electrical stimulation in meat quality enhancement: A review. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 27(3), 447. <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2013.13463>
- Agiang, M. A., Dongo, B.S., Williams, I.O., & Utu-Baku, A.B. (2017). Assessment of the haematological indices of albino rats fed diets supplemented with jackfruit bulb, seed or a blend of bulb and seed. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(1), 397-407. <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i1.31>
- Antonisamy, A. J., Marimuthu, S., Malayandi, S., Rajendran, K., Lin, Y. C., Andaluri, G., Lee, S.L. & Ponnusamy, V. K. (2023). Sustainable approaches on industrial food wastes to value-added products—A review on extraction methods, characterizations, and its biomedical applications. *Environmental Research*, 217. Article 114758. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114758>
- Ashour, E. A., Bin-Jumah, M., Abou Sayed-Ahmed, E. T., Osman, A. O., Taha, A. E., Momenah, M. A., Allam, A.A., Swelum, A.A. & Abd El-Hack, M. E. (2020). Effects of dried okra fruit (*Abelmoschus esculentus* L.) powder on growth, carcass characteristics, blood indices, and meat quality of stored broiler meat. *Poultry science*, 99(6), 3060-3069. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.03.009>
- Brahma, R., & Ray, S. (2024). Optimization of extraction conditions for cellulose from jackfruit peel using RSM, its characterization and comparative studies to commercial cellulose. *Measurement: Food*, 13, 100130. <https://doi.org/10.1016/j.meafoo.2023.100130>
- Colombino, E., Ferrocino, I., Biasato, I., Cocolin, L. S., Prieto-Botella, D., Zduńczyk, Z., Jankowski, J., Milala, J., Kosmala, M., Fotschki, B., Capucchio, M.T. & Juśkiewicz, J. (2020). Dried fruit pomace inclusion in poultry diet: growth performance, intestinal

- morphology and physiology. *Journal of animal science and biotechnology*, 11, 1-17. <https://doi.org/10.1186/s40104-020-00464-z>
- De Faria, A. F., De Rosso, V. V., & Mercadante, A. Z. (2009). Carotenoid composition of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*), determined by HPLC-PDA-MS/MS. *Plant foods for human nutrition*, 64, 108-115. <http://doi.org/10.1007/s11130-009-0111-6>
- Eburuaja, A.S., Onabanjo, R.S., Onunkwo, D.N., & Ukenye, U.S. (2019). Performance of broiler chickens fed graded dietary levels of toasted jackfruit seed meal (*Artocarpus heterophyllus*). *Nigerian Journal of Animal Production*, 46(4), 171-178. <https://doi.org/10.51791/njap.v46i4.346>
- El-Fateh, M., Bilal, M., & Zhao, X. (2024). Effect of antibiotic growth promoters (AGPs) on feed conversion ratio (FCR) of broiler chickens: A meta-analysis. *Poultry Science*, 104472. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104472>
- Erinle, T. J., & Adewole, D. I. (2022). Fruit pomaces—Their nutrient and bioactive components, effects on growth and health of poultry species, and possible optimization techniques. *Animal nutrition*, 9, 357-377. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.11.011>
- Eyoh, G. D. (2020). Effects of processing on nutrient composition of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seed meal. *International Journal of Agriculture and Rural Development*. 23(2):5301-5306. <https://ijard.com/Vol%2023%20No2%202020.html>.
- Eyoh, G.D., Ibanga, G.L., Udo, M.D., & Offiong, E.E. (2021). Growth Performance of West African Dwarf (WAD) Bucks Fed Graded Levels of Toasted Jackfruit Seed Meal. *Journal of Agriculture and Food Science*, 5(3) 90-97. <https://www.aksuja.com.ng/search/jackfruit>
- Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (2019). Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo. <http://www.fundacionfedna.org/>
- ISO 8589. (2014). *Sensory analysis. General guidance for the design of test rooms*. Paris: International Organization for Standardization.

- Kamdem Bemmo, U.L., Bindzi, J.M., Tayou Kamseu, P.R., Houketchang Ndomou, S.C., Tene Tambo, S., & Ngoufack Zambou, F. (2023). Physicochemical properties, nutritional value, and antioxidant potential of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) pulp and seeds from Cameroon eastern forests. *Food Science & Nutrition*, 11(8),4722-4734. <http://doi.org/10.1002/fsn3.3437>
- King, D. A., Hunt, M. C., Barbut, S., Claus, J. R., Cornforth, D. P., Joseph, P., Kim, Y. H., Lindahl, G., Mancini, R. A., Nair, M. N., Merok, K. J., Milkowski, A., Mohan, A., Pohlman, F., Ramanathan, R., Raines, C. R., Seyfert, M., Sørheim, O., Suman, S. P. & Weber, M., (2023) “American Meat Science Association Guidelines for Meat Color Measurement”, *Meat and Muscle Biology* 6(4): 12473, 1-81. <https://doi.org/10.22175/mmb.12473>
- Lazarus, B.S., Leung ,V, Luu, R.K., Wong, M.T., Ruiz-Pérez, S., Barbosa, W.T., Almeida, W.B., Barbosa, J.D.V. & Meyers, M.A. (2023). Jackfruit: Composition, structure, and progressive collapsibility in the largest fruit on the Earth for impact resistance. *Acta Biomaterialia*, 166, 430–46. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2023.04.040>
- Nakintu, J., Andama, M., Albrecht, C., Wangalwa, R., Lejju, J.B. & Olet, E.A. (2023). Morphological traits of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.): Indicators of diversity, selection and germplasm dispersion in Uganda. *Scientific African*. Article e01900–0. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01900>
- Ma, J. S., W. H. Chang, G. H. Liu, S. Zhang, A. J. Zheng, Y. Li, Q. Xie, Z. Y. Liu, & H. Y. Cai. (2015). Effect of flavones of sea buckthorn fruits on growth performance, carcass quality, fat deposition and lipometabolism for broilers. *Poultry Science*. 94, 2641–2649. <https://doi.org/10.3382/ps/pev250>
- MacFie, H. J., Bratchell, N., Greenhoff, K., & Vallis, L. V. (1989). Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. *Journal of sensory studies*, 4(2), 129-148. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.1989.tb00463.x>
- Maradesha, T., Patil, S.M., Al-Mutairi, K.A., Ramu, R., Madhunapantula, S.V. & Alqadi, T. (2022). Inhibitory Effect of Polyphenols from the Whole Green Jackfruit Flour

- against α -Glucosidase, α -Amylase, Aldose Reductase and Glycation at Multiple Stages and Their Interaction: Inhibition Kinetics and Molecular Simulations. *Molecules*, 27(6), Article 1888. <https://doi.org/10.3390/molecules27061888>
- Matarneh, S. K.; Scheffler, T. L. and Gerrard, D. E. 2023. The conversion of muscle to meat. p. 159–194. In: Lawrie's Meat Science. Woodhead Publishing. Cambridge, MA. USA. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85408-5.00010-8>.
- Natta, S.; Pal, K.; Kumar Alam, B.; Mondal, D.; Kumar Dutta, S.; Sahana, N.; Mandal, S. ; Bhowmick, N. ; Das, S. S. ; Mondal, P. ; Pandit G. K. ; Paul P. K. and Choudhury, A. 2022. In-depth evaluation of nutritive, chemical constituents and anti-glycemic properties of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam) clonal accessions with flake colour diversity from Eastern Sub-Himalayan plains of India. *Food Chemistry*. 407:135098. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135098>.
- NOM-033-SAG/ZOO-2014. Norma Oficial Mexicana. Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: <https://www.gob.mx/profepa/documentos/norma-oficial-mexicana-nom-033-sag-zoo-2014-metodos-para-dar-muerte-a-los-animales-domesticos-y-silvestres?msclkid=fab04bbfd0db11ecae8a104aa8451dca>
- Odukwe, C.N., Onunkwo, D.N., Eburuaja, A.S., & Mathias, V.N. (2017). Carcass and internal organ characteristics of broiler chickens fed soybean diets partially replaced with variable levels of raw jackfruit seed meal. *Nigeria Agricultural Journal*, 48(1), 190-198. <https://www.ajol.info/index.php/naj/article/view/162708>
- Orayaga, K.T., Oluremi, O.A., Tuleun, C.D. & Carew, S.N. (2015). The feed value of composite mango (*Mangifera indica*) fruit reject meal in the finisher broiler chickens nutrition. *African Journal of Food Science and Technology*, 06(06). <http://dx.doi.org/10.14303/ajfst.2015.054>
- Pan, D., & Yu, Z. (2014). Intestinal microbiome of poultry and its interaction with host and diet. *Gut microbes*, 5(1), 108–119. <https://doi.org/10.4161/gmic.26945>
- Patel., A.P., Bhagwat, S.R., Pawar, M.M., Prajapati, K.B., Chauhan, H.D. & Makwana, R.B. (2016). Evaluation of *Emblca officinalis* fruit powder as a growth promoter in

- commercial broiler chickens. *Veterinary World*, 9(2), 207-210. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.207-210>
- Perin, G. R., Eyng, C., Nunes, R. V., Duarte, C. R. A., Kaufmann, C., Tesser, G. L. S., Rohloff Júnior, N., & Savaris, V. D. L. (2023). Effect of bocaiuva pulp oil supplementation of broiler chicken diets on growth performance and quality and oxidative stability of meat. *Livestock Science*, 275. Article 105300. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2023.105300>
- Prophet, E. [Ed.] (1995). Métodos histotecnológicos. Ed. Instituto de Patología de las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos de América (AFIP). E.U.A. pp. 55-57.
- Samutsri, W., Oumaree, K., & Thimthud, S. (2023). Physicochemical characteristics and sensory preference of chicken ball with unripe jackfruit. *LWT- Food Science and Technology*, 189, 115489. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115489>
- Santiago, H., Teixeira, L.F., Izabel, M., Lopes, D., Kazue, N., Guilherme, F., Saraiva, A., Teixeira, M.L., Borges, P., Flávia, R., de Toledo, S.L. & Oliveira, C. (2017) Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos. Traducido por Sandra Carolina Salguero Cruz 4. ed. – Viçosa: Departamento de Zootecnia, UFV, 2017.
- Sosnówka-Czajka, E., Skomorucha, I., Obremski, K. & Wojtacha, P. (2023). Performance and meat quality of broiler chickens fed with the addition of dried fruit pomace. *Poultry Science*, 102(6). Article 10263. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102631>
- Sugiharto S. (2023). The effect of using fruit peel on broiler growth and health. *Veterinary World*. 16, 987–1000. <http://doi.org/10.14202/vetworld.2023.987-1000>
- Sulaiman, M.A., Yusoff, F.M., Kamarudin, M.S., Amin, S.N. & Kawata, Y. (2022). Fruit wastes improved the growth and health of hybrid red tilapia *Oreochromis sp.* and Malaysian mahseer, *Tor tambroides* (Bleeker, 1854). *Aquaculture Reports*, 24, Article 101177. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101177>
- Wadhwa, M., Bakshi, M.P.S. & Makkar, H.P.S. (2015). Waste to worth: fruit wastes and by-products as animal feed. *CAB Re-views: Perspectives in Agriculture, Veterinary*

Science, Nutrition and Natural Resources, (10) 031.
<https://doi.org/10.1079/PAVSNNR201510031>

Zhang, L., Tu, Z.-c., Xie, X., Wang, H., Wang, H., Wang, Z.-x., & Lu, Y. (2017). Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) peel: A better source of antioxidants and aglucosidase inhibitors than pulp, flake and seed, and phytochemical profile by HPLC-QTOF-MS/MS. *Food Chemistry*, 234, 303-313.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.003>

Capítulo 3. Efecto del polvo de diferentes secciones de la yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) sobre el rendimiento, los índices sanguíneos, las características de la canal y la calidad de la carne de los conejos.

Resumen

Los residuos frutales se han considerado una fuente de contaminación ambiental. La yaca es una buena fuente de nutrientes y compuestos bioactivos, lo que significa que su uso en la alimentación animal podría contribuir a la reducción de residuos. El objetivo de esta investigación fue evaluar las diferentes partes de la yaca (semilla, pulpa y cáscara) como residuo agroindustrial en los parámetros productivos, la calidad de la canal y de la carne de los conejos. Para este estudio, se distribuyeron aleatoriamente 144 conejos de treinta y cinco días de edad en cuatro tratamientos: control (C), 2.5% de pulpa en polvo (PY), 2.5% de semillas en polvo (SY) y 2.5% de cáscara en polvo (CY), con seis repeticiones y seis conejos por cada repetición. El periodo de engorda fue de 28 días. Los mejores índices de conversión alimenticia se observaron en los grupos C, PY y CY ($p < 0.05$). El mayor rendimiento de la canal refrigerada se observó en el grupo PY ($p < 0.05$). Se observaron resultados similares en la morfología intestinal en todos los tratamientos ($p > 0.05$). El color de la carne obtenida del grupo PY presentó mayores valores de blancura, rojo y croma ($p < 0.05$). Se observaron valores más altos de sabor y aceptabilidad general de la carne en los grupos que utilizaron yaca (SY, PY y CY). Se concluye que la adición de polvo de cáscara de yaca puede utilizarse en la alimentación de los conejos, ya que mejora el peso final, la conversión alimenticia, el rendimiento de la canal y la textura de la carne, mientras que el análisis sensorial demuestra que la carne es bien aceptada por los consumidores.

Abstract

Fruit wastes have been considered as environmental pollution. Jackfruit is a good source of nutrients and bioactive compounds, meaning that its use in animal feed could contribute to waste reduction. The objective of this research was to evaluate the different parts of jackfruit (seed, pulp, and peel) as an agro-industrial waste on the productive parameters, carcass traits,

and meat quality of rabbits. For this study, 144 thirty-five-dayold rabbits were randomly divided into four treatments, control (C), 2.5% pulp powder (PY), 2.5% seed powder (SY), and 2.5% peel powder (CY), with six repetitions ($n = 6$ rabbits/replicate). The fattening period was 30 days. The best feed conversion ratios were found in the C, PY, and CY groups ($p < 0.05$). The highest chilled carcass yield was observed in the PY group ($p < 0.05$). Similar results were observed for intestinal morphology in all treatments ($p > 0.05$). The meat color obtained from the PY group had higher whiteness, redness, and chroma values ($p < 0.05$). Higher taste and general acceptability values for meat were observed in the groups using jackfruit (SY, PY, and CY). It is concluded that the addition of jackfruit peel powders can be used in rabbit feed, as they improve the final weight, feed conversion, carcass yield, and meat texture, while the sensory analysis demonstrates that the meat is well accepted by consumers.

Palabras clave

Desecho de yaca; conejo; calidad de la carne; bioquímica sanguínea.

Introducción

En México, existen tres tipos principales de criadores de conejos: pequeños, medianos y grandes, siendo el 50% de todos los criadores de conejos productores de mediana escala; estos criadores utilizan alimentos comerciales y, en ocasiones, añaden una planta local (Vélez et al., 2021). En los últimos años, los alimentos comerciales para conejos han mostrado un considerable incumplimiento de los niveles de nutrientes indicados por el fabricante; concretamente, no cumplen con los niveles mínimos recomendados de fibra bruta y proteína bruta (Kazimierska & Biel, 2021). Además, la población humana ha crecido significativamente en todo el mundo y, por lo tanto, existe una gran demanda de carne para satisfacer las necesidades alimentarias de esta población en expansión. Esto ha animado a los criadores de animales a identificar fuentes alternativas para garantizar la formulación de dietas para sus animales a un menor costo (Erinle & Adewole, 2022) y proporcionar un mejor suministro de nutrientes.

Se ha demostrado que una amplia gama de frutas ricas en diferentes nutrientes se ve amenazada por la falta de demanda de productos frescos y los daños sufridos por los cultivos durante la temporada de lluvias (International Tropical Fruits Network, 2022). Por estas razones, se ha propuesto la utilización de residuos agroindustriales (residuos de frutas, residuos de pulpa agrícola, residuos de cultivos, granos de cerveza secados al sol y el bagazo de algunas frutas) en la alimentación animal como una alternativa prometedora para la producción de carne. Además, contribuye a la agricultura sostenible y a la mejora de la calidad de la carne (Romelle et al., 2024). Se ha demostrado la viabilidad de utilizar residuos de frutas y verduras para alimentar a diferentes animales (Lalramhlimi et al., 2022).

La yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) se considera una de las principales frutas autóctonas de la India (International Tropical Fruits Network, 2022). Esta fruta se cultiva en zonas subtropicales, incluyendo países de Asia, África y América, donde se han obtenido rendimientos de hasta 26 toneladas por hectárea (Guine & De Guine E Florenca, 2019). Asimismo, es rica en aminoácidos esenciales, minerales, vitamina C y compuestos bioactivos que le confieren propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, anticancerígenas, antidiabéticas y antivirales (Khan et al., 2021). La utilización de los residuos de esta fruta, al igual que de muchas otras, contribuye a reducir el impacto de los desechos vertidos al medio ambiente (Vastolo et al., 2022). Diferentes investigadores han evaluado la incorporación de esta fruta en la alimentación de diferentes animales, como la tilapia (Sulaiman et al., 2022), las cabras (Eyoh & Udoh, 2020), los pollos de engorda (Odukwe et al., 2017; Eburuaja et al., 2020) y los cabritos enanos de África Occidental (Eyoh et al., 2021).

La cría de conejos es una actividad que se centra en obtener carne blanca, que se considera beneficiosa para el organismo humano debido a su aporte de ácidos grasos esenciales, proteínas, vitaminas y minerales (Kumar et al., 2025). Para esta especie animal se han utilizado algunos residuos agroindustriales y coproductos (Vastolo et al., 2022). Cabría esperar que la yaca pudiera ser una buena fuente de nutrientes y compuestos bioactivos para su uso en la alimentación de conejos de engorda.

El objetivo de esta investigación fue evaluar los efectos del uso de diferentes partes de la yaca (semilla, pulpa y cáscara) como aditivo alimentario de residuos agroindustriales en los

parámetros productivos, la calidad de la canal y de la carne de conejos con la finalidad de proponerlo como ingrediente alternativo.

Materiales y métodos

Este estudio fue aprobado por el Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio bajo el número de acta: CICUAL-V-I/011/2023.

Harina de yaca

La yaca madura se obtuvo en Xicotepec de Juárez, Puebla. La fruta se recolectó en un huerto frutal situado en una zona subtropical a una altitud de 1100 m sobre el nivel del mar. A continuación, la fruta se transportó al laboratorio, donde se lavó, se cortó y se dividió en secciones (semilla, pulpa y cáscara) que se secaron a 60 °C durante 72 h (Saxena et al., 2012) utilizando un secador Riossa HCF-82 (TMP Equipos, Ciudad de México, México).

Animales y tratamientos

Un total de 144 conejos híbridos de California X Nueva Zelanda, con una edad de 35 días y un peso promedio de 1019.62 ± 140.15 g, se distribuyeron aleatoriamente en cuatro grupos: C (Control), SY (2.5% de semillas de yaca), PY (2.5% de pulpa de yaca) y CY (2.5% de cáscara de yaca). Cada grupo contenía seis repeticiones con seis conejos. Todas las dietas (Tabla 1), fueron isoprotéicas (16% proteína bruta), isoenergéticas (Energía digestible: 2.5 Mcal.Kg MS⁻¹) e isofibrosas (Fibra Detergente Neutro 30% y Fibra Detergente Ácido 17%) de acuerdo a los requerimientos nutricionales para conejos (Santiago et al., 2017), mientras que la composición nutricional de los ingredientes se obtuvo de la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA, 2019). Todos los ingredientes se mezclaron utilizando un mezclador helicoidal doble ASF MZ50 (Molinos y Mezcladoras Industriales S. A. de C. V., Ciudad de México, México), y los pellets posteriores se obtuvieron utilizando un peletizador SKJ120 (Shandong, China). A todos los animales se les proporcionó alimento y agua *ad libitum* durante 28 días. Los conejos de cada repetición se alojaron en un espacio

de 45 × 60 × 40 cm que fue adaptado con bebederos automáticos, comederos manuales, una temperatura y humedad ambiente de 21.5°C y 43.1%, respectivamente. La alimentación de los conejos comenzaba todos los días a las 8:00 a. m. Se pesó el alimento ofrecido y rechazado, para calcular el alimento consumido.

Tabla 1. Dietas con adición de yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) para conejos de engorda.

Ingredientes (g.kg ⁻¹ BH)	Tratamientos ¹			
	C	SY	PY	CY
Cebada	46.1	46.2	46.2	46.2
Maíz	142.5	142.8	142.7	142.7
Sorgo	94.3	94.5	94.5	94.5
Granos secos de destilería	89.3	71.6	71.6	89.4
Salvado de trigo	131.4	131.7	131.7	131.7
Melaza de caña	101.7	101.9	101.9	101.9
Harina de colza	46.4	46.5	46.5	46.5
Harina de soja	102.7	102.9	102.9	102.9
Cascarilla de soja	139.4	139.7	139.7	139.6
Paja de cereales	80.8	72.0	72.0	54.0
Premezcla vitaminas y minerales	25.0	25.0	25.0	25.0
Semilla de yaca	-	25.0	-	-
Pulpa de yaca	-	-	25.0	-
Cáscara de yaca	-	-	-	25.0
Proteína bruta 16%				
Fibra Detergente Neutro 30%				
Fibra Detergente Ácido 17%				
Energía Digestible 2.5 Mcal.kg⁻¹ MS				
Composición nutricional				

¹C=Control, SY= 2.5% Semilla de Yaca, PY=2.5% Pulpa de Yaca, CY=2.5% Cáscara de Yaca.

Todos los conejos fueron sacrificados cuando tenían 65 días de edad, lo que está en línea con la legislación nacional para el sacrificio de animales denominada Metodos para dar muerte a animales domésticos y silvestres NOM-033-SAG/ZOO-2014.

Parámetros productivos

El consumo de alimento se midió diariamente pesando el alimento rechazado y ofrecido, mientras que el peso corporal se midió semanalmente utilizando una báscula Mettria MTNUV-40 (Mettria, Ciudad de México, México). Los datos recopilados se utilizaron para calcular la ganancia media diaria, el consumo medio de alimento y el índice de conversión alimenticia.

Bioquímica sanguínea

En el momento del sacrificio, se tomaron muestras de sangre (2 mL por animal) de 6 animales por tratamiento en un tubo estéril con ácido etilendiaminotetraacético y se enviaron al laboratorio para su análisis con el fin de determinar el perfil bioquímico sanguíneo utilizando un analizador hematológico Exigo-H400 (Kabra Veterinary DX, Ciudad de México, México). Se utilizó otro tubo estéril sin anticoagulante para obtener suero y cuantificar los compuestos bioquímicos con un analizador bioquímico BK-1200 (BioBase Biodusty, Jinan, China).

Histopatología del intestino delgado

Se obtuvieron muestras (5 cm) de seis conejos por tratamiento de las secciones del intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon) de los conejos alimentados con cuatro tratamientos (C, SY, PY y CY). Cada sección se procesó utilizando el método de inclusión en parafina (Prophet, 1992) con un procesador automático de tejidos modelo TP120 de Microm (Thermo Fisher Scientific, Walldorf, Alemania). Posteriormente, las muestras se tiñeron utilizando el método de hematoxilina y eosina para cubrir las muestras con una resina sintética (Prophet, 1992). Por último, se observaron los cortes histológicos con un microscopio Olympus BX41

de campo claro (Olympus Corporation, Tokio, Japón). Las imágenes de los tejidos del intestino delgado se capturaron utilizando el software ImagePro ver. 6.0.

Calidad de la canal

Se tomó el peso vivo del animal antes de la matanza, así como el largo y la circunferencia lumbar. Posterior al despielado, desangrado y eviserado se pesó la canal caliente, se midió la longitud de la canal y la circunferencia lumbar. Se pesaron las vísceras completas (incluido el sistema digestivo, el hígado, la vejiga, el corazón, los riñones, el aparato reproductor y el bazo) en su totalidad y por separado (corazón, el hígado y los riñones). Todas las canales se quedaron en cámara fría a 4 °C durante 24 h. Posteriormente, las canales se evaluaron según las recomendaciones descritas por Blasco et al. (1993) con las siguientes modificaciones: los cortes realizados fueron para obtener la cabeza (punto de corte entre el occipucio y la vértebra atlas), la parte delantera (entre la sexta y séptima costilla), la parte intermedia (posterior a la parte caudal de la última costilla), la parte trasera (inserción de las piernas, a la altura de la séptima vértebra lumbar) y las patas traseras completas (sin la inserción muscular de las patas traseras). Todas las mediciones se realizaron utilizando una báscula Torrey L-PCR (Torrey, Monterrey, México). Se calculó el rendimiento porcentual de todas las secciones.

Calidad de la carne

La calidad de la carne se evaluó midiendo los niveles de pH de los músculos *Longissimus lumborum*, utilizando un medidor de pH Hanna HI99163 (Hanna Instruments, Cluj-Napoca, Rumanía). El color de la carne se determinó utilizando el espacio de color CIEL*a*b* con un colorímetro LS171 Linshang (Shenzhen Lingshang Technology Co., Shenzhen, China) y se calcularon los valores de Croma y Hue siguiendo las indicaciones descritas por King et al. (2023). La capacidad de retención de agua (CRA) se evaluó según la metodología descrita por Honikel et al. (1987). Las pérdidas por cocción se midieron en los lomos, colocando las muestras en una bolsa de plástico y cocinándolas a 80 °C. Posteriormente, se enfriaron a temperatura ambiente y, finalmente, se determinó el cálculo por diferencias de peso en porcentaje. El análisis del perfil de textura (APT) se evaluó en la carne fría; las muestras se

cortaron en cubos de 1 cm de lado y se aplicó una compresión del 50% perpendicular a la dirección de la fibra muscular utilizando una velocidad de $1 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, una sonda de aluminio de 3.5 cm de diámetro y una base estándar. Una vez realizada la prueba, se obtuvieron los parámetros de dureza, resiliencia, cohesión, elasticidad y masticabilidad de acuerdo con las indicaciones de Bourne (1978) utilizando Exponent ver. 6.2.4.0, que controla el analizador de textura modelo TA-X-T PLUS (Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido).

Análisis sensorial

La carne obtenida de las piernas (3 kg por tratamiento) de los cuatro grupos (C, SY, PY y CY) se evaluó mediante una prueba descriptiva, para determinar los niveles de aceptabilidad. Cada tipo de carne se molió y se mezcló con sal al 1%, se pesaron 40 g de carne y molieron en círculo para posteriormente envolverse en papel de aluminio y ser cocinadas durante dos minutos en una parrilla (Vollart, Ciudad de México, México) hasta alcanzar una temperatura interna de 68°C . Las muestras cocinadas se cortaron en cuatro trozos y se entregó uno de cada tratamiento a los panelistas en un plato desechable identificadas con un número aleatorio de tres dígitos, además se ofreció agua y galletas sin sal para enjuagar la boca entre cada muestra. Se reclutó a ochenta consumidores con una edad promedio de veintitrés años para evaluar las muestras, de los cuales el 57.5% eran mujeres y el 42.5% eran hombres. Los atributos evaluados para la carne cocinada fueron los siguientes: olor, firmeza, jugosidad, sabor y aceptabilidad general, así como el color de la carne cruda (blanco, rojo y amarillo). Cada atributo se calificó utilizando una escala lineal de 10 cm marcada con palabras que indicaban intensidad débil a la izquierda e intensidad fuerte a la derecha. Las pruebas se llevaron a cabo en cabinas de laboratorio de análisis sensorial, que cumplían los requisitos internacionales indicados en la norma ISO 8589 (2007).

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante ANOVA utilizando un modelo mixto (consumo de alimento, ganancia de peso diaria, peso semanal e índice de conversión alimenticia) y un

modelo lineal general (características de la canal, características de la carne y análisis sensorial) utilizando las siguientes ecuaciones:

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

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha_i(\beta_j) + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta

μ = Media poblacional general

α_i = Factor A (dietas experimentales)

β_j = Factor B (semanas)

$\alpha_i(\beta_j)$ = Efecto anidado

ε_{ij} = Error experimental.

Este estudio se realizó con un diseño completamente aleatorio. Las diferencias entre las medias se evaluaron mediante la opción LSMEANS ($p < 0.05$). Todos los datos se analizaron con el software SAS versión 9.0.

Resultados y discusión

Parámetros productivos

Los resultados de los parámetros productivos se presentan en la Tabla 2. Se puede observar que, durante la primera semana, los animales del grupo SY consumieron la menor cantidad de alimento, mientras que, durante la segunda semana, los animales de los grupos SY y PY consumieron la menor cantidad ($p < 0.05$). El mayor aumento de peso durante la primera semana se observó en los conejos de los grupos C, PY y CY, mientras que durante la cuarta

semana fue en los grupos C y SY ($p < 0.05$). El mayor peso semanal ($p < 0.05$) durante la segunda y tercera semana se observó en los grupos C, PY y CY. Sin embargo, al final del engorda, el grupo CY registró el mayor peso semanal promedio. La conversión alimenticia en la segunda y cuarta semanas fue mejor en los grupos C y CY ($p < 0.05$).

Tabla 2. Medias de los mínimos cuadrados de los parámetros productivos de conejos alimentados con yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.).

Variable	Semana	Tratamientos ¹				MEE ²
		C	SY	PY	CY	
Alimento consumido (g)	1	105.71 ^{bAB}	100.19 ^{dB}	112.57 ^{cA}	109.00 ^{cA}	2.53
	2	139.18 ^{aA}	129.26 ^{cBC}	124.44 ^{bC}	133.63 ^{bAB}	2.53
	3	144.77 ^a	141.97 ^b	145.09 ^a	142.00 ^a	2.53
	4	144.73 ^a	150.36 ^a	147.35 ^a	141.34 ^a	2.36
	MEE ²	2.48	2.48	2.48	2.48	
Peso ganado (g)	1	45.53 ^{aAB}	40.96 ^{abB}	47.77 ^{aA}	46.90 ^{aA}	2.10
	2	41.11 ^{ab}	35.90 ^b	39.80 ^b	41.72 ^a	2.10
	3	45.45 ^a	44.59 ^a	44.45 ^{ab}	45.52 ^a	2.10
	4	36.57 ^{bAB}	41.08 ^{abA}	32.97 ^{cB}	34.16 ^{bB}	2.10
	MEE ²	2.10	2.10	2.10	2.10	
Peso semanal (g)	Peso Inicial	1013.57 ^c	1010.83 ^c	1031.94 ^c	1025.83 ^c	28.38
	1	1328.75 ^d	1297.58 ^d	1366.38 ^d	1354.16 ^d	28.28
	2	1616.52 ^{cAB}	1548.88 ^{cB}	1645.00 ^{cA}	1646.25 ^{cA}	28.28
	3	1946.66 ^{bAB}	1893.50 ^{bB}	1974.00 ^{bAB}	1984.50 ^{bA}	30.98
	Peso final	2202.66 ^a	2181.10 ^a	2206.72 ^a	2223.66 ^a	31.12
MEE ²	29.77	29.36	29.47	29.36		
Conversión alimenticia	1	2.34 ^c	2.45 ^c	2.37 ^c	2.40 ^c	0.16
	2	3.41 ^{bAB}	3.61 ^{bA}	3.15 ^{bB}	3.22 ^{bAB}	0.16
	3	1.88 ^c	1.87 ^d	1.96 ^c	1.79 ^d	0.16
	4	4.40 ^{aB}	4.15 ^{aB}	5.22 ^{aA}	4.59 ^{aB}	0.16
	MEE ²	0.16	0.16	0.16	0.16	

¹C=Control, SY= 2.5% Semilla de yaca, PY=2.5% Pulpa de yaca, CY=2.5% Cáscara de yaca. ²MEE: Media del error estándar. ^{abc} Literales minúsculas diferentes entre hileras indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

^{ABC} Literales mayúsculas diferentes entre columnas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

La producción de carne de conejo desempeña un papel importante a la hora de garantizar un suministro adecuado de carne sostenible en todo el mundo (Kumar et al., 2025). La cría de estos animales requiere una inversión inicial mínima y su manejo es bastante sencillo. Por lo tanto, la optimización de los aspectos nutricionales contribuiría a aumentar su productividad (Menchetti et al., 2019). En general, los grupos alimentados con trozos de yaca, especialmente PY y CY, aumentaron su rendimiento productivo en comparación con el grupo de control. El consumo de alimento de los conejos alimentados con cáscara de yaca (CY) fue bajo, pero el peso corporal fue alto, lo que indica que la asimilación de los componentes del alimento es posiblemente mejor en esta dieta. Según nuestro conocimiento, hay poca información sobre el uso de secciones de yaca que influyan en las características de la canal. Sin embargo, en un estudio, el uso de hojas de yaca para alimentar a las cabras aumentó la productividad, incluida la eficiencia alimentaria y el peso corporal (Utari et al., 2023). Muthukumar et al. (2024) informaron de que el uso de residuos de yaca en vacas lecheras aumentó la producción y la calidad de la leche. En una investigación posterior, se concluyó que el uso de semillas de yaca procesadas puede utilizarse para aumentar el aumento de peso en la tilapia del Nilo (Cuevas-Rodriguez et al., 2024). El uso de otros tipos de residuos agroindustriales puede afectar a la productividad de los conejos, según informaron Tavares et al. (2022), quienes evaluaron la acerola en la dieta de conejos en crecimiento y describieron una mejora en el peso y la ingesta de alimento. Menchetti et al. (2019) incorporaron bayas de goji en la alimentación de los conejos y obtuvieron una mejora en la conversión alimenticia y tasas de crecimiento. Se ha demostrado que la incorporación cuidadosa de residuos agroindustriales en la dieta de los conejos puede contribuir a mejorar las tasas de crecimiento, la conversión alimenticia y el rendimiento general debido a la riqueza de nutrientes que aportan (Romelle Jones et al., 2024). En esta investigación, la yaca podría haber contribuido a la nutrición animal, ya que se ha confirmado la presencia de antioxidantes, minerales y aminoácidos esenciales (Adan et al., 2020).

Bioquímica sanguínea

Al analizar los parámetros bioquímicos sanguíneos de los conejos en esta investigación (Tabla 3), los niveles de nitrógeno ureico y creatinina fueron más altos ($p < 0.05$) en los conejos que consumieron algunas secciones de yaca (SY, PY y CY).

Tabla 3. Medias de los mínimos cuadrados de biometría hemática y química sanguínea de conejos alimentados con yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.).

Variables	Tratamientos ¹				MEE ²
	C	SY	PY	CY	
Biometría hemática					
Total de glóbulos blancos x10 ¹² .L ⁻¹	4.01	4.87	3.33	4.65	1.21
Total de glóbulos rojos x10 ¹² .L ⁻¹	5.01	5.89	5.01	4.83	0.65
Hemoglobina g.L ⁻¹	112.50	133.20	111.83	107.20	1.41
Hematocrito (%)	35.52	42.40	36.27	34.45	4.67
Volumen corpuscular medio (fL.)	71.20	71.42	72.32	71.37	1.12
Hemoglobina corpuscular media (pg.)	22.60	22.38	22.38	22.30	0.42
Concentración de hemoglobina corpuscular media g.L ⁻¹	317.33	312.33	309.66	312.16	0.33
Conteo plaquetario x10 ⁹ .L ⁻¹	210.20	205.70	180.30	310.50	53.35
Conteo diferencial leucocitario					
Granulocitos (%)	45.22	49.22	53.92	51.30	4.10
Linfocitos (%)	47.00	43.15	39.15	42.80	3.73
Monocitos (%)	7.78	7.45	6.93	14.00	4.24
Química sanguínea					
Glucosa (mg.dL ⁻¹)	72.33	65.83	65.83	73.67	2.97
Urea (mg.dL ⁻¹)	27.08	32.78	34.18	33.65	2.12
Nitrógeno ureico en sangre (mg.dL ⁻¹)	12.66 ^b	15.36 ^{ab}	16.00 ^{ab}	16.00 ^a	0.99
Creatinina (mg.dL ⁻¹)	0.73 ^b	1.13 ^a	1.29 ^a	1.10 ^a	0.09
Ácido úrico (mg.dL ⁻¹)	0.20	0.39	0.33	0.36	0.10
Colesterol total (mg.dL ⁻¹)	95.50	103.3	110.50	97.80	10.30
Triglicéridos (mg.dL ⁻¹)	80.3	96.7	94.80	95.00	10.85
Bilirrubina total (mg.dL ⁻¹)	0.51	0.37	0.63	0.49	0.07
Bilirrubina directa (mg.dL ⁻¹)	0.20	0.17	0.25	0.20	0.04
Aspartato aminotransferasa (U/L)	54.53	36.58	47.87	52.63	5.33
Alanina aminotransferasa (U/L)	52.47	32.17	48.72	45.90	6.19
Proteínas totales (g/dL)	6.38	6.74	6.64	6.69	0.17
Albumina(g.dL ⁻¹)	3.95	4.12	4.57	3.88	0.26
Globulina (g.dL ⁻¹)	2.42	2.28	2.07	2.80	0.31
Fosfatasa alcalina total (U/L)	298.50 ^a	220.00 ^b	199.70 ^b	259.50 ^{ab}	19.55

¹C=Control, SY= 2.5% Semilla de yaca, PY=2.5% Pulpa de yaca, CY=2.5% Cáscara de yaca. ²MEE: Media del error estándar. ^{ab}Literales diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

En cuanto a la fosfatasa alcalina total, todos los grupos presentaron valores superiores a los esperados para la especie; sin embargo, los animales que consumieron algunas secciones de la yaca (SY, PY y CY) presentaron valores más bajos en comparación con el grupo C ($p < 0.05$).

El análisis de sangre es un procedimiento esencial para evaluar la salud animal (Bassan et al., 2025). Según Brandão et al. (2020), todos los valores de este estudio se encuentran dentro de los valores normales reportados para la especie. Los valores elevados de fosfatasa alcalina total indican la presencia de algún tipo de función orgánica anómala. Está claro que la yaca podría haber contribuido a reducir el riesgo de desarrollar una patología, aunque se necesitarían más estudios para determinar el verdadero origen de estos valores elevados, ya que esta enzima se puede encontrar en diferentes áreas del cuerpo, como el hígado, los huesos, los riñones y los intestinos (Hoffmann & Solter, 2008). Las secciones de yaca mantienen la salud de los animales, lo que conduce a una mejora de su productividad. El uso de hojas de yaca para alimentar a las cabras no tiene ningún efecto sobre los parámetros bioquímicos de la sangre (Utari et al., 2023). Además, en otras investigaciones relacionadas con la incorporación de residuos agrícolas como semillas de maracuyá (Ferreira et al., 2021), acerola (Tavares et al., 2022) y mezclas de hierbas (Abou-Kassem et al., 2025) a la dieta de los conejos, no se observaron alteraciones en los parámetros sanguíneos.

Histología del intestino delgado

Las secciones evaluadas del intestino delgado de los conejos (duodeno, yeyuno e íleon), fueron similares ($p > 0.05$) en los cuatro grupos durante la alimentación con las diferentes secciones de la yaca. En la figura 1 se pueden ver imágenes representativas de las tres secciones evaluadas. El epitelio, la lámina propia y la infiltración linfocítica fueron similares en todos los tratamientos.

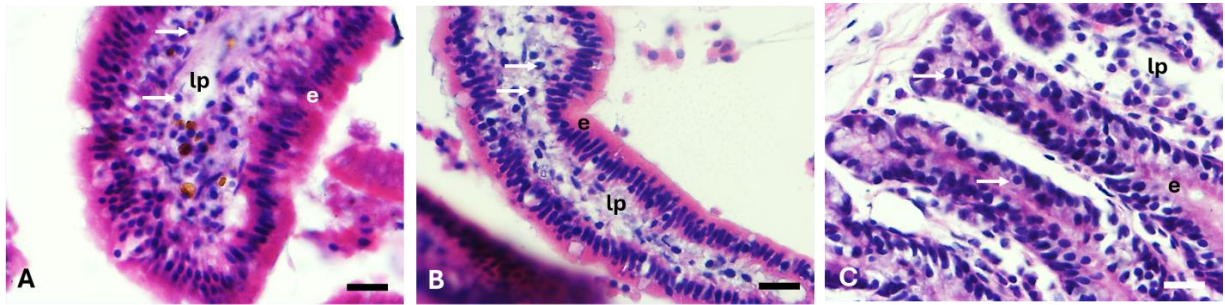


Figura 1. Intestino delgado de conejos alimentados con diferentes componentes de yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam). A. Duodeno del tratamiento con pulpa de yaca. B. Yeyuno del tratamiento con pulpa de yaca. C. Íleon del tratamiento con semilla de yaca. Barra = 20 μ m. Flechas = infiltración linfocitaria. lp = lámina propia. e = epitelio.

La estructura y variedad de células del intestino delgado crean un entorno complejo, en el que la digestión se ve facilitada por la absorción de nutrientes (Kuo et al., 2023). La eficacia de las secciones de yaca en el rendimiento productivo podría estar relacionada con la integridad de las células epiteliales intestinales, ya que Fitrya et al. (2022) demostraron que un extracto etanólico de yaca es eficaz para reducir la presencia de úlceras pépticas. Del mismo modo, otros estudios han demostrado que la adición de residuos agroindustriales, como el extracto de granada en la alimentación de los conejos, proporcionó evidencia de un efecto positivo aparente en la estructura histológica del intestino delgado de los animales (Al-Aaraji & Addi Ali, 2022). Se ha demostrado que la cáscara de la yaca presenta polisacáridos, que promueven el crecimiento de la flora beneficiosa cuando se degrada en el intestino (Li et al., 2023).

Calidad de la canal

La tabla 4 muestra los resultados de la evaluación de las características de las canales, donde se puede observar que el grupo PY presentó el mayor rendimiento para la canal fría ($p < 0.05$). Además, los grupos C, PY y CY registraron mayor piel ($p < 0.05$). Al evaluar las vísceras completas, los grupos SY, PY y CY presentaron el más en comparación con el grupo C. Sin embargo, cuando se evaluaron individualmente, los grupos C, SY y PY presentaron el hígado más grande, mientras que el grupo SY registró el corazón y riñón más grande ($p < 0.05$). En los resultados de la evaluación de los cortes primarios de la canal, los grupos que

consumieron una porción de yaca (SY, PY y CY) presentaron menor de grasa escapular, patas más grandes y una mayor cantidad de carne en este mismo corte en comparación con el grupo control ($p < 0.05$).

La calidad de la canal se ven influida por el alimento y sus componentes, así como por el aumento del consumo de alimento y el peso corporal. Se ha comprobado que la harina de semillas de yaca cruda administrada a polluelos de gallina de Guinea no tuvo ningún efecto en las partes cortadas y los órganos internos (Aroh et al., 2023). Sin embargo, el uso de residuos agroindustriales u otras plantas en conejos modificó la calidad de la canal, como en la investigación descrita por Volek et al. (2018), quienes evaluaron las semillas de altramuz blanco en la dieta de los conejos y observaron un mayor rendimiento de la canal en frío y un mayor peso en la parte posterior de la canal. Además, el estudio sugirió que las proteínas rápidamente degradables y la energía proporcionada por el lupino se utilizan de manera eficiente para la síntesis de tejidos como los músculos, lo que a su vez contribuye al mayor peso alcanzado. Del mismo modo, este fenómeno podría haber ocurrido en esta investigación, ya que se ha demostrado que la yaca proporciona proteínas y aminoácidos esenciales (Zuwariah et al., 2018), y los animales del grupo CY obtuvieron un mayor peso corporal.

Tabla 4. Medias de los mínimos cuadrados de las características de la canal de conejos alimentados con yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.).

Variables (%) ¹	Tratamientos ²				MEE ³
	C	SY	PY	CY	
Longitud animal (cm)	33.14	32.47	32.15	32.00	0.03
Circunferencia lumbar animal (cm)	20.47 ^b	20.12 ^b	22.34 ^a	19.03 ^b	0.49
Rendimiento canal caliente	53.89	53.71	55.075	54.75	0.40
Rendimiento canal fría	52.07 ^c	52.59 ^{bc}	54.46 ^a	53.41 ^b	0.33
Longitud de la canal (cm)	32.93	32.43	32.00	30.54	0.75
Circunferencia lumbar canal (cm)	15.79	15.29	16.41	16.07	0.45
Piel	14.49 ^a	13.40 ^b	14.30 ^a	14.25 ^a	0.18
Vísceras	21.08 ^b	24.53 ^a	23.45 ^a	22.67 ^{ab}	0.58
Hígado	3.70 ^{ab}	4.10 ^a	4.00 ^{ab}	3.42 ^b	0.15
Corazón	0.33 ^b	0.48 ^a	0.31 ^b	0.32 ^b	0.02
Riñones	0.68 ^b	0.81 ^a	0.63 ^b	0.67 ^b	0.02
Patas	2.41	2.34	2.34	2.42	0.03
Pérdidas por goteo	3.37	2.32	1.98	2.81	0.37
Cabeza	9.77	9.73	9.35	12.28	1.58
Anterior	24.11	24.69	24.65	24.70	0.16
Media	10.20 ^{ab}	10.88 ^a	9.96 ^{ab}	9.60 ^b	0.29
Posterior	20.93	28.76	20.07	19.93	5.00
Piernas	31.99 ^b	32.88 ^{ab}	33.93 ^a	33.88 ^a	0.42
Grasa escapular	0.84 ^a	0.57 ^b	0.55 ^b	0.61 ^b	0.05
Grasa riñonada	1.99	1.59	1.69	2.34	0.02
⁴ Carne	64.86 ^b	69.71 ^{ab}	68.71 ^{ab}	73.26 ^a	1.56
⁴ Hueso	33.10 ^a	32.49 ^a	29.38 ^a	23.64 ^b	1.37
⁴ Grasa intermuscular	1.03	0.80	0.91	1.06	0.10

¹Variables calculadas respecto al peso vivo. ²C=Control, SY= 2.5% Semilla de yaca, PY=2.5% Pulpa de yaca, CY=2.5% Cáscara de yaca. ³MEE: Media del Error Estándar. ⁴Variables calculadas con respecto al peso de las piernas. ^{abc}Literales diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Calidad de la carne

Los resultados de la evaluación del color de la carne de los conejos se presentan en la Tabla 5, donde se encontraron valores más altos de luminosidad (L^*) en los grupos C y PY ($p < 0.05$). Además, se encontró un índice de rojo (a^*) más alto y una mayor saturación de color (croma) en los grupos SY y PY ($p < 0.05$), mientras que todos los grupos presentaron valores de tono similares ($p > 0.05$). Por el contrario, el pH más bajo se registró en los grupos C y SY ($p < 0.05$). Por último, la mayor capacidad de retención de agua (CRA) se encontró en el grupo C ($p < 0.05$).

Tabla 5. Medias de los mínimos cuadrados del color, pH y capacidad de retención de agua de la carne de conejos alimentados con yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.).

Variable	Tratamientos ¹				MEE ²
	C	SY	PY	CY	
L^*	57.26 ^{ab}	56.92 ^b	58.44 ^a	55.42 ^c	0.36
a^*	4.19 ^b	4.97 ^a	4.85 ^a	3.78 ^b	0.16
b^*	0.54	1.00	0.61	0.45	0.15
Chroma	4.52 ^b	5.35 ^a	5.16 ^a	4.02 ^b	0.16
Hue	17.97	17.21	17.36	15.57	1.32
pH	6.88 ^{bc}	6.78 ^c	6.94 ^{ab}	7.09 ^a	0.40
CRA ³ (%)	33.87 ^a	26.82 ^b	15.36 ^d	19.60 ^c	0.89

¹C=Control, SY= 2.5% Semilla de yaca, PY=2.5% Pulpa de yaca, CY=2.5% Cascara de yaca. ²MEE: Media del error estándar. ³CRA = Capacidad de retención de agua. ^{abc}Literales diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

El color de la carne es un indicador de calidad, ya que se asocia con una apariencia agradable para el consumidor. El color de los músculos del conejo es rosa pálido, aunque se ha descubierto que los pigmentos naturales presentes en las frutas contribuyen a intensificar el color rojo y amarillo de la carne (De Faria et al., 2009). Se ha afirmado que la yaca tiene diferentes contenidos de pigmentos naturales como el betacaroteno all-trans y la luteína all-trans, que pueden haber contribuido a la intensificación del color. Los conejos que consumieron yaca tendieron a tener valores L^* más bajos y valores de croma más altos, lo

que está relacionado con un mayor consumo de alimento. Esto indica que las secciones de yaca contienen moléculas que proporcionan color, como se ha mencionado anteriormente.

Durante el proceso de rigor mortis, se produce un endurecimiento y una acidificación debido a la glucogenólisis, cambios que influyen en la calidad de la carne. Según Menchetti et al. (2020), el pH de la carne puede haber sido influenciado por la yaca, que afectó al almacenamiento de glucógeno y a la actividad enzimática en el músculo. En un estudio en el que se evaluó la carne de conejos alimentados con diferentes residuos, como semillas de maracuyá (Ferreira et al., 2021) y acerola (Tavares et al., 2022), los investigadores encontraron valores de pH inferiores a los de esta investigación.

La capacidad de retención de agua (CRA) de la carne es un indicador importante que determina la aceptabilidad visual, el rendimiento y las características sensoriales en el momento del consumo. La pérdida de agua durante la cocción se debe probablemente a la desnaturalización de las proteínas inducida por el calor durante este proceso, lo que da lugar a que se retenga menos agua dentro de las estructuras proteicas retenidas por las fuerzas capilares (Cheng & Sun, 2008). Los animales de los grupos que consumieron alguna sección de yaca tuvieron los valores más bajos de CRA, lo que indica que la carne de los animales alimentados con estos residuos podría perder humedad.

Hay algunos factores, como el pH, la disponibilidad de iones y el grado de las proteínas miofibrilares, que afectan a la CRA. Las secciones de yaca parecen modificar el pH de la carne, lo que hace posible aumentar los iones disponibles para la retención de agua. Sosnówka-Czajka et al. (2023) obtuvieron resultados similares al alimentar a pollos de engorda con orujo de fruta seca. Sin embargo, el uso de bayas de goji para complementar la dieta de conejos de engorda no afectó a la CRA (Menchetti et al., 2019). En otro estudio, el color, que está relacionado con el pH y la CRA, se vio afectado por el uso de cítricos para alimentar a los conejos (Varela et al., 2023). Una menor pérdida durante la cocción da como resultado una mejor calidad de la carne, ya que durante la cocción pueden producirse pérdidas de nutrientes (Wahyuni et al., 2018). Sin embargo, en este estudio, los parámetros de pérdida durante la cocción fueron similares entre los grupos C, SY y CY, lo que está relacionado con la CRA de estos grupos. El método de cocción empleado para la carne de conejo influye en la CRA y en la pérdida durante la cocción (Rao et al., 2022).

La tabla 6 muestra que el grupo SY presentó la menor pérdida por cocción ($p < 0.05$), mientras que, en el análisis del perfil de textura, los grupos PY y CY reflejaron la menor dureza y masticabilidad ($p < 0.05$).

Tabla 6. Medias de los mínimos cuadrados de las pérdidas por cocción y análisis de perfil de textura de carne de conejo alimentado con yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.).

Variable	Tratamientos ¹				MEE ²
	C	SY	PY	CY	
Pérdidas por cocción (g)	13.57 ^a	11.78 ^b	14.00 ^a	13.80 ^a	0.39
Dureza (N)	17.90 ^a	16.83 ^a	14.41 ^b	10.47 ^c	0.81
Resiliencia	0.19	0.19	0.20	0.20	0.007
APT ³ Cohesividad	0.63	0.64	0.61	0.62	0.01
Elasticidad	0.64	0.62	0.60	0.61	0.01
Adhesividad (N)	8.94 ^a	7.95 ^{ab}	6.20 ^{bc}	4.49 ^c	0.84

¹C=Control, SY= 2.5% Semilla de yaca, PY=2.5% Pulpa de yaca, CY=2.5% Cáscara de yaca. ²MEE: Media del error estándar. ³APT=Análisis de perfil de textura. ^{abc}Literales diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

La textura de la carne es una propiedad multidimensional que describe las propiedades estructurales, mecánicas y superficiales, todas ellas directamente relacionadas con la apreciación sensorial por parte del consumidor (Ilic et al., 2024).

En trabajos que evalúan las algas pardas en conejos, se ha observado una mejora en la textura y el sabor de la carne, mientras que la adición de fuentes ricas en polifenoles probablemente protege a las enzimas proteolíticas (calpaína y m-calpaína) del proceso oxidativo, aumentando su funcionalidad y, en consecuencia, la ternura de la carne (Rossi et al., 2020). En contraste con los resultados de este estudio, otros trabajos han informado de que el uso de hierbas u otros compuestos vegetales no tiene ningún efecto sobre los parámetros de la TPA (Palka et al., 2021). Sin embargo, es posible que algunos compuestos bioactivos presentes en las secciones de yaca tengan un efecto sobre la dureza de la carne al modificar la acción de las enzimas endógenas de la carne.

Análisis sensorial

En la evaluación sensorial de la carne de conejo (Tabla 7), los consumidores indicaron que la carne de los grupos C, SY y PY tenía una mayor intensidad de olor ($p < 0.05$). Los grupos C, SY y CY presentaron mayor dureza ($p < 0.05$), aunque todos los tratamientos cárnicos presentaron la misma jugosidad ($p > 0.05$). La adición de las diferentes secciones de yaca mejoró el sabor y la aceptabilidad general de la carne en comparación con el grupo control ($p < 0.05$). Finalmente, al evaluar la intensidad de los colores en la carne cruda, se observó que los grupos C y PY presentaron una mayor intensidad de blanco, CY una mayor intensidad de rojo, y C, SY y PY una mayor intensidad de amarillo ($p < 0.05$).

Tabla 7. Medias de los mínimos cuadrados del análisis sensorial de carne molida de conejo alimentado con yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.).

Atributos (puntuación)	Tratamientos ¹				MEE ²
	C	SY	PY	CY	
Olor	4.38 ^a	4.24 ^a	4.05 ^{ab}	3.40 ^b	0.26
Dureza	3.94 ^{ab}	3.99 ^a	3.42 ^b	3.79 ^{ab}	0.21
Jugosidad	5.17	5.24	5.15	5.43	0.24
Sabor	6.25 ^b	7.25 ^a	6.61 ^{ab}	6.85 ^{ab}	0.25
Aceptabilidad general	6.61 ^b	7.50 ^a	7.28 ^a	7.27 ^a	0.21
Intensidad de blanco ³	4.54 ^a	3.76 ^b	4.58 ^a	2.14 ^c	0.22
Intensidad de rojo ³	3.88 ^c	4.82 ^b	4.61 ^b	6.13 ^a	0.22
Intensidad de amarillo ³	2.18 ^a	1.69 ^{ab}	2.14 ^{ab}	1.41 ^b	0.27

¹C=Control, SY= 2.5% Semilla de yaca, PY=2.5% Pulpa de yaca, CY=2.5% Cáscara de yaca. ²MEE: Media del error estándar. ³Carne cruda. ^{abc}Literales diferentes, indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

En un análisis sensorial de la carne de conejo realizado por Tavares et al. (2022), se afirmó que el uso de sustancias con abundantes compuestos fenólicos puede proporcionar una mayor integridad de las membranas miofibrilares y, en consecuencia, una mejora en la textura de la carne. Por otro lado, Kuang et al. (2024) mencionaron que un bajo contenido de grasa en el músculo provocará una pérdida de cualidades como la textura y el sabor. La adición de diferentes fuentes vegetales dio como resultado la mejora de la textura, la jugosidad, el sabor y la aceptabilidad de la carne, como el orujo de uva (Zhao et al., 2018), el orujo de tomate

(Peiretti et al., 2013), los extractos vegetales (Rossi et al., 2013) y Saccharina latissima y Himanthalia elongata (Al-Soufi et al., 2024).

Conclusión

Esta investigación demostró que la pulpa o la cáscara de yaca pueden añadirse a la alimentación de los conejos con un suplemento del 2.5% debido a sus múltiples beneficios. Se demostró que mejora el peso final, la conversión alimenticia, el rendimiento de la canal y la textura de la carne, mientras que la evaluación sensorial mostró que la carne obtenida tenía una mejor aceptación por parte de los consumidores. Estos resultados proporcionan información valiosa para los criadores de conejos y los fabricantes de alimentos comerciales, lo que podría contribuir a un aumento de la producción y a una mejora de la calidad de la carne.

Referencias

- Abou-Kassem, D. E., Ashour, E. A., Mahrose, K. M., Youssef, I. M., Tellez-Isaias, G., Swelum, A. A., & Abd, M. E. (2025). Growth performance, carcass traits, meat composition, digestibility coefficients and caecal microbiota of growing rabbits fed diets supplemented with a herbal mixture. *Tropical Animal Health and Production*, 57(1). <https://doi.org/10.1007/s11250-024-04249-8>
- Adan, A.A., Ojwang, R.A., Muge, E.K., Mwanza, B.K., & Nyaboga, E.N. (2020). Phytochemical composition and essential mineral profile, antioxidant and antimicrobial potential of unutilized parts of jackfruit. *Food Research*, 4(4), 1125-1134. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(4\).326](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(4).326)
- Al-Aaraji, A. S., & Addi Ali, B. (2022). Effect of Pomegranate Peels Aqueous Extract on the Histological Structure of Small Intestine of Local Male Rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *PubMed*, 77(5), 1935–1943. <https://doi.org/10.22092/ari.2022.358197.2176>
- Al-Soufi, S., García, J., Nicodemus, N., Lorenzo, J. M., Cegarra, E., Muñios, A., Losada, A. P., Miranda, M., & López-Alonso, M. (2024). Marine macroalgae in rabbit feed – Effects on meat quality. *Meat Science*, 216, Article 109584. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2024.109584>
- Ashour, E. A., Bin-Jumah, M., Abou Sayed-Ahmed, E. T., Osman, A. O., Taha, A. E., Momenah, M. A., Allam, A.A., Swelum, A.A. & Abd El-Hack, M. E. (2020). Effects of dried okra fruit (*Abelmoschus esculentus* L.) powder on growth, carcass characteristics, blood indices, and meat quality of stored broiler meat. *Poultry science*, 99(6), 3060-3069. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.03.009>
- Bourne MC. Texture profile analysis. *Food Technol* 1978;(35):62-66.
- Brandão, J., Graham, J., & Quesenberry, K. E. (2020). Basic Approach to Veterinary Care of Rabbits. In *Ferrets, rabbits, and rodents clinical medicine and surgery*.

- Cheng, Q., & Sun, D.-W. (2008). Factors Affecting the Water Holding Capacity of Red Meat Products: A Review of Recent Research Advances. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(2), 137–159. <https://doi.org/10.1080/10408390601177647>
- Colombino, E., Ferrocino, I., Biasato, I., Cocolin, L. S., Prieto-Botella, D., Zduńczyk, Z., Jankowski, J., Milala, J., Kosmala, M., Fotschki, B., Capucchio, M.T. & Juśkiewicz, J. (2020). Dried fruit pomace inclusion in poultry diet: growth performance, intestinal morphology and physiology. *Journal of animal science and biotechnology*, 11, 1-17. <https://doi.org/10.1186/s40104-020-00464-z>
- Donnelly, T. M., & Vella, D. (2020). Basic Anatomy, Physiology, and Husbandry of Rabbits. In *Ferrets, rabbits, and rodents clinical medicine and surgery*.
- Eburuaja, A.S., Onabanjo, R.S., Onunkwo, D.N., & Ukenye, U.S. (2019). Performance of broiler chickens fed graded dietary levels of toasted jackfruit seed meal (*Artocarpus heterophyllus*). *Nigerian Journal of Animal Production*, 46(4), 171-178. <https://doi.org/10.51791/njap.v46i4.346>
- Eyoh, G.D., & Udoh, M.D. (2020). Effects of processed jackfruit seed based diet on nutrient intake, digestibility and nutrition in West African dwarf goats. *Nigerian Journal of Animal Production*, 47(5), 204-212. <https://doi.org/10.51791/njap.v47i5.1271>
- Eyoh, G.D., Ibanga, G.L., Udo, M.D., & Offiong, E.E. (2021). Growth Performance of West African Dwarf (WAD) Bucks Fed Graded Levels of Toasted Jackfruit Seed Meal. *Journal of Agriculture and Food Science*, 5(3) 90-97. <https://www.aksuja.com.ng/search/jackfruit>
- Ferreira, A. C. S., Watanabe, P. H., I.B. Mendonça, Ferreira, J. L., Nogueira, B. D., Vieira, A. V., Pinheiro, R. R. S., Barros, T. C. R. S., Zampieri, L. A., Vieira, E. H. M., Gomes, T. R., Batista, A. S. M., Leite, S. C. B., & Freitas, E. R. (2021). Effects of passion fruit seed (*Passiflora edulis*) on performance, carcass traits, antioxidant activity, and meat quality of growing rabbits. *Animal Feed Science and Technology*, 275, Article 114888. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114888>

- Hoffmann, W. E., & Solter, P. F. (2008). Diagnostic Enzymology of Domestic Animals. In *Diagnostic Enzymology of Domestic Animals* (pp. 351–378). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-370491-7.X0001-3>
- Ilic, J., van den Berg, M., & Oosterlinck, F. (2024). The textural and sensory properties of plant-based meat. In *Handbook of Plant-Based Meat Analogs* (pp. 331-346). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-21846-0.00008-3>
- Kamdem Bemmo, U.L., Bindzi, J.M., Tayou Kamseu, P.R., Houketchang Ndomou, S.C., Tene Tambo, S., & Ngoufack Zambou, F. (2023). Physicochemical properties, nutritional value, and antioxidant potential of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) pulp and seeds from Cameroon eastern forests. *Food Science & Nutrition*, 11(8),4722-4734. <http://doi.org/10.1002/fsn3.3437>
- Kazimierska, K., & Biel, W. (2021). Analysis of the nutrient composition of selected commercial pet rabbit feeds with respect to nutritional guidelines. *Journal of Exotic Pet Medicine*, 39, 32–36. <https://doi.org/10.1053/j.jepm.2021.06.006>
- Konsue, N., Bunyameen, N. & Donlao, N. (2023). Utilization of young jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) as a plant-based food ingredient: Influence of maturity on chemical attributes and changes during in vitro digestion. *LWT - Food Science and Technology*, 180, Article 114721. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114721>
- Kuang, L., Zeng, J., Li, Y., Zheng, J., Ren, Y., Guo, Z., Zhang, X., Zhang, C., Yang, C., Mei, X., Yang, R., Tang, L., Ji, Y., Xie, X., Lei, M., & Li, C. (2024). Delineating molecular regulatory network of meat quality of longissimus dorsi indicated by transcriptomic, proteomic, and metabolomics analysis in rabbit. *Journal of Proteomics*, 300, Article 105179. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2024.105179>
- Kumar, P., Sharma, N., Narnoliya, L. K., Verma, A. K., Umaraw, P., Mehta, N., Ismail-Fitry, M. R., Kaka, U., Yong-Meng, G., Lee, S.-J., & Sazili, A. Q. (2024). Improving quality and consumer acceptance of rabbit meat: Prospects and challenges. *Meat Science*, 219, Article109660. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2024.109660>

- Kuo, H.-C., Daniel, A. R., Driver, L. M., Lee, C.-L., & Kirsch, D. G. (2023). Histological assessment of intestinal injury by ionizin gradiation. In *Methods in Cell Biology*. <https://doi.org/10.1016/bs.mcb.2023.03.001>
- Li, Y.-F., Wu, B., Chen, J., Veeraperumal, S., Wei, J.-C., Tan, K., Zhong, S., & Cheong, K.-L. (2023). Prebiotic characteristics of added-value polysaccharides from jackfruit peel waste during in vitro digestion and fecal fermentation. *LWT*, *187*, Article 115330. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115330>
- Maradesha, T., Patil, S.M., Al-Mutairi, K.A., Ramu, R., Madhunapantula, S.V. & Alqadi, T. (2022). Inhibitory Effect of Polyphenols from the Whole Green Jackfruit Flour against α -Glucosidase, α -Amylase, Aldose Reductase and Glycation at Multiple Stages and Their Interaction: Inhibition Kinetics and Molecular Simulations. *Molecules*, *27*(6), Article 1888. <https://doi.org/10.3390/molecules27061888>
- Menchetti, L., Brecchia, G., Branciari, R., Barbato, O., Fioretti, B., Codini, M., Bellezza, E., Trabalza-Marinucci, M., & Miraglia, D. (2020). The effect of Goji berries (*Lycium barbarum*) dietary supplementation on rabbit meat quality. *Meat Science*, *161*, Article 108018. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.108018>
- Menchetti, L., Vecchione, L., Filipescu, I. E., Petrescu, V. F., Fioretti, B., Beccari, T., Ceccarini, M. R., Codini, M., Quattrone, A., Trabalza-Marinucci, M., Barbato, O., & Brecchia, G. (2019). Effects of Goji berries supplementation on the productive performance of rabbit. *Livestock Science*, *220*, 123–128. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.12.016>
- Monin, G., & Santé-Lhoutellier, V. (2023). Color and texture deviations. *Elsevier EBooks*, *3*, 429–437. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-85125-1.00190-3>
- Munekata, P. E., Rocchetti, G., Pateiro, M., Lucini, L., Domínguez, R., & Lorenzo, J. M. (2016). Addition of plant extracts to meat and meat products to extend shelf-life and health-promoting attributes: an overview. *Current Opinion in Food Science*, *31*, 81–87. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.03.003>
- Odukwe, C.N., Onunkwo, D.N., Eburuaja, A.S., & Mathias, V.N. (2017). Carcass and internal organ characteristics of broiler chickens fed soybean diets partially replaced

- with variable levels of raw jackfruit seed meal. *Nigeria Agricultural Journal*, 48(1), 190-198. <https://www.ajol.info/index.php/naj/article/view/162708>
- Patel., A.P., Bhagwat, S.R., Pawar, M.M., Prajapati, K.B., Chauhan, H.D. & Makwana, R.B. (2016). Evaluation of *Emblica officinalis* fruit powder as a growth promoter in commercial broiler chickens. *Veterinary World*, 9(2), 207-210. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.207-210>
- Patel., A.P., Bhagwat, S.R., Pawar, M.M., Prajapati, K.B., Chauhan, H.D. & Makwana, R.B. (2016). Evaluation of *Emblica officinalis* fruit powder as a growth promoter in commercial broiler chickens. *Veterinary World*, 9(2), 207-210. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.207-210>
- Peiretti, P. G., Gai, F., Rotolo, L., Brugiapaglia, A., & Gasco, L. (2013). Effects of tomato pomace supplementation on carcass characteristics and meat quality of fattening rabbits. *Meat Science*, 95(2), 345–351. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.04.011>
- Prophet, E. (1995). *Laboratory Methods in Histotechnology*. Ed. Armed Forces Institute of Pathology (AFIP).
- Romelle Jones, K., Karuppusamy, S., & Sundaram, V. (2024). Unraveling the promise of agroindustrial byproducts as alternative feed source for sustainable rabbit meat production. *Emerging Animal Species*, 10, Article 100044. <https://doi.org/10.1016/j.eas.2024.100044>
- Rossi, R., Pastorelli, G., Cannata, S., Tavaniello, S., Maiorano, G., & Corino, C. (2013). Effect of long term dietary supplementation with plant extract on carcass characteristics meat quality and oxidative stability in pork. *Meat Science*, 95(3), 542–548. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.05.037>
- Rossi, R., Vizzarri, F., Ratti, S., Palazzo, M., Casamassima, D., & Corino, C. (2020). Effects of Long-Term Supplementation with Brown Seaweeds and Polyphenols in Rabbit on Meat Quality Parameters. *Animals*, 10(12), Article 2443. <https://doi.org/10.3390/ani10122443>

- Sosnówka-Czajka, E., Skomorucha, I., Obremski, K. & Wojtacha, P. (2023). Performance and meat quality of broiler chickens fed with the addition of dried fruit pomace. *Poultry Science*, 102(6). Article 10263. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102631>
- Sulaiman, M.A., Yusoff, F.M., Kamarudin, M.S., Amin, S.N. & Kawata, Y. (2022). Fruit wastes improved the growth and health of hybrid red tilapia *Oreochromis sp.* and Malaysian mahseer, *Tor tambroides* (Bleeker, 1854). *Aquaculture Reports*, 24, Article 101177. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101177>
- Tavares, L. M. S., Watanabe, P. H., Gomes, T. R., I.B. Mendonça, Souza, L. F. C., Santos, M. E. C., Pacheco, P. N. L., Batista, A. S. M., & Freitas, E. R. (2022). Effects of acerola (*Malpighia emarginata*) by-product on performance, carcass traits, antioxidant activity, and meat quality of growing rabbits. *Animal Feed Science and Technology*, 293, Article 115479. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115479>
- Tavares, L. M. S., Watanabe, P. H., Gomes, T. R., I.B. Mendonça, Souza, L. F. C., Santos, M. E. C., Pacheco, P. N. L., Batista, A. S. M., & Freitas, E. R. (2022). Effects of acerola (*Malpighia emarginata*) by-product on performance, carcass traits, antioxidant activity, and meat quality of growing rabbits. *Animal Feed Science and Technology*, 293, Article 115479. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115479>
- Tiziana Bassan, Josep Pastor, Javier Martinez-Caro, Beatriz Agulla, & Jaume Martorell. (2025). Effects of Sedation on Haematological, Biochemical, Coagulation Profile, and Kaolin-Activated Thromboelastography in Rabbits. *The Veterinary Journal*, Article 106298. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2025.106298>
- Utari, A., & Warly, L. (2021). Tannin Contents of Jackfruit Leaves (*Artocarpus heterophyllus*) Extract and Moringa Leaves (*Moringa oleifera*) Extract as Functional Additive Feed in Ruminan Livestock. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 757(1), Article 012054. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/757/1/012054>
- Volek, Z., Šufliarský, P., Taubner, T., Plachý, V., Kokošková, T., Aremu, T., Cullere, M., Galasso, I., Chodová, D., Tůmová, E., & Dalle Zotte, A. (2025). Effect of substitution of Camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz) cake for rapeseed cake on the nutrient

- digestibility, pancreatic enzyme activity, growth performance and carcass traits in fattening rabbits. *Animal Feed Science and Technology*, Article 116218. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2025.116218>
- Wahyuni, T. H., Ginting, N., Yunilas, N., Hasnudi, N., Mirwandono, E., Siregar, G. A., Sinaga, I. G., & Sembiring, I. (2018). The utilization of coconut waste fermented by *aspergillus niger* and *saccharomyces cerevisiae* on meat quality of weaning males rex rabbit. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 122, Article 012129. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/122/1/012129>
- Wang, Z., He, Z., Zhang, D., Li, H., & Wang, Z. (2020). Using oxidation kinetic models to predict the quality indices of rabbit meat under different storage temperatures. *Meat Science*, 162, Article 108042. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.108042>
- Warner, R. D. (2023). The eating quality of meat: IV—Water holding capacity and juiciness. In *Lawrie's meat science*, 457-508. Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85408-5.00008-X>
- Zhang, Z., Ho, W. K. K., Huang, Y., James, A. E., Lam, L. W., & Chen, Z.-Y. (2002). Hawthorn Fruit Is Hypolipidemic in Rabbits Fed a High Cholesterol Diet. *The Journal of Nutrition*, 132(1), 5–10. <https://doi.org/10.1093/jn/132.1.5>
- Zhao, J., Li, Q. J., Zhang, R., Liu, W., Ren, Y., Zhang, C. C., & Zhang, J. (2018). Effect of dietary grape pomace on growth performance, meat quality and antioxidant activity in ram lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 236, 76–85. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.12.004>

Capítulo 4. Impacto de la suplementación materna con carne de animales alimentados con yaca sobre la salud neonatal en ratas Wistar.

Resumen

La nutrición materna durante el embarazo desempeña un papel crucial en el desarrollo fetal. Este estudio evaluó el estado de salud de crías de rata cuyas madres recibieron un suplemento de carne de animales alimentados con yaca. Se utilizaron 35 ratas Wistar gestantes, asignadas aleatoriamente a cinco grupos (n=7 por grupo): control, carne de conejo de animales alimentados con yaca (CY), carne de conejo de animales alimentados con una dieta estándar (C), carne de pollo de animales alimentados con yaca (PY) y carne de pollo de animales alimentados con una dieta estándar (P). En las hembras gestantes, se evaluó el perfil bioquímico sanguíneo, consumo de alimento y peso corporal. En las crías, se midieron el peso corporal, la tasa de supervivencia, el color de la piel, la longitud corporal, los movimientos espontáneos, las vocalizaciones, la frecuencia respiratoria, la longitud de la cola y el diámetro biparietal mediante la escala de Apgar. Las hembras del grupo P consumieron menor cantidad de alimento ($p < 0.05$). Al final de la gestación, las hembras de los grupos CY y PY mostraron niveles de triglicéridos superiores a los de los grupos control C y P ($p < 0.05$). Las crías del grupo CY presentaron mayor peso corporal, frecuencia respiratoria, frecuencia de movimientos espontáneos y longitud de la cola ($p < 0.05$). En conclusión, la suplementación materna con carne de animales alimentados con yaca ejerce un efecto positivo en la salud neonatal, como lo demuestran las puntuaciones de Apgar más altas y los mejores indicadores de desarrollo.

Abstract

Maternal nutrition during pregnancy plays a crucial role in fetal development. This study evaluated the health status of newborn rats whose mothers were supplemented with meat from animals fed with jackfruit. Thirty-five pregnant rats were used and randomly assigned to five groups (n=7 by group): control, rabbit meat from jackfruit-fed animals (CY), rabbit meat from animals fed a standard diet (C), chicken meat from jackfruit-fed animals (PY),

and chicken meat from animals fed a standard diet (P). In the pregnant females, blood biochemical parameters, food intake, and body weight were assessed. In the offspring, body weight, survival rate, skin color, body length, spontaneous movements, vocalizations, respiratory rate, tail length, and biparietal diameter were measured using an Apgar scale. Females in the P group consumed a lower amount of feed ($p < 0.05$). At the end of gestation, females in the CY and PY groups showed improved triglyceride levels compared with the control C and P groups ($p < 0.05$). Offspring from the CY group exhibited greater body weight, respiratory rate, frequency of spontaneous movements, and tail length ($p < 0.05$). In conclusion, maternal supplementation with meat from jackfruit-fed animals exerts a positive effect on neonatal health, as evidenced by higher Apgar scores and improved developmental indicators.

Palabras clave

Alimentación materna; desarrollo neonatal; nutrición animal; puntuación de Apgar; suplementación dietética.

Introducción

Actualmente, según los Objetivos de Desarrollo Sostenible propuestos por la iniciativa de las Naciones Unidas, existen 17 desafíos globales para garantizar un futuro sostenible, entre los que se incluyen: erradicación de la pobreza, hambre cero, salud y bienestar, educación de calidad, igualdad de género, agua limpia y saneamiento, energía asequible y no contaminante, trabajo decente y crecimiento económico, innovación industrial e infraestructura, reducción de las desigualdades, ciudades y comunidades sostenibles, producción y consumo responsables, acción por el clima, vida submarina, vida terrestre, paz, justicia e instituciones sólidas, y alianzas para lograr los objetivos (Organización de las Naciones Unidas, 2015b). El tercer objetivo, denominado salud y bienestar, subraya la importancia de reducir la mortalidad materna e infantil, ya que se sabe que “una mujer muere cada dos minutos por causas prevenibles relacionadas con el embarazo y el parto” (Organización de las Naciones Unidas, 2015a). La malnutrición en mujeres durante el embarazo es un factor importante en

la reducción del crecimiento fetal, el peso al nacer, la morbilidad y mortalidad infantil (Imdad & Bhutta, 2012). Por ello, la Organización Mundial de la Salud recomienda el consumo de alimentos naturales o fortificados ricos en zinc, hierro, calcio, vitamina A, ácido fólico y vitamina D, ya que las investigaciones han demostrado mejoras en la salud de poblaciones vulnerables como las mujeres y los niños (Organización Mundial de la Salud, 2019).

El consumo materno de carne fresca durante el embarazo aumenta la ingesta de micronutrientes clave (hierro, vitamina B12, zinc y colina), lo que reduce la prevalencia de afecciones como la anemia (Denissen et al., 2019; Wood, 2023; Christifano et al., 2024). La carne de pollo y de conejo son fuentes ricas en macro y micronutrientes, incluidas vitaminas del grupo B, vitaminas E y D, y minerales esenciales como calcio, fósforo, potasio, sodio, hierro y selenio. Debido a su equilibrada composición nutricional, estas carnes se consideran alimentos funcionales que favorecen la salud general y ayudan a prevenir deficiencias nutricionales (Dalle Zotte & Szendrő, 2011; Bordoni & Danesi, 2017).

Si bien la carne es reconocida como una buena fuente de micronutrientes, algunos tipos se caracterizan por un alto contenido de grasas saturadas, colesterol y calorías. Sin embargo, diversos estudios han demostrado que la calidad nutricional de la carne puede mejorarse enriqueciendo la dieta de los animales (Dalle Zotte & Szendrő, 2011; Delgado-Pertíñez & Horcada, 2021) con subproductos agroindustriales (Sun et al., 2024; Sugiharto & Nuengjamnong, 2025). La yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) es una fruta rica en nutrientes y compuestos bioactivos (Kalse & Swami, 2022; Ye et al., 2025) y se ha propuesto como un ingrediente alternativo prometedor para la alimentación del ganado (Ortega-González et al., 2025), lo que conlleva mejoras en la calidad de la carne y posibles beneficios para la salud del consumidor.

Investigaciones han reconocido que el consumo de carne durante el embarazo es benéfico (Külcü & Yolcu, 2020) debido al impacto significativo en la programación fetal y el desarrollo de la descendencia a lo largo de su vida (Blair et al., 2021).

El objetivo de este estudio fue evaluar la salud de ratas recién nacidas cuyas madres recibieron como suplemento carne de animales alimentados con yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), con la intención de prevenir puntuaciones bajas en la escala de Apgar y problemas periparto.

Materiales y métodos

Obtención de carne y preparación

Se obtuvieron muestras de carne de pollo y de conejo procedentes de los ensayos anteriores (Capítulo 2 y Capítulo 3) en las que los animales fueron alimentados con diferentes trozos de yaca. Se obtuvieron cuatro tipos de carne: carne de pollo alimentado con una dieta estándar, carne de pollo alimentado con un 5% de pulpa de yaca, carne de conejo alimentado con una dieta estándar y carne de conejo alimentado con un 2.5% de pulpa de yaca.

Cada tipo de carne se molió con una picadora Dito Sama (Dito Sama Factory, Aubusson, Francia) y se embutió en una envoltura plástica de barrera de 32 mm de diámetro. La carne se coció en agua hasta alcanzar una temperatura interna de 72 °C y, posteriormente, se conservó congelada a -18 °C hasta su uso.

Animales experimentales y dietas

Este estudio fue aprobado por el Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio bajo el folio de aprobación CICUAL-V-I/011/2023 y se llevó a cabo en el bioterio de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Todos los animales fueron manejados de acuerdo con la legislación nacional sobre el cuidado y uso de animales de laboratorio (NOM-062-ZOO-1999).

Se utilizaron un total de 35 hembras y 35 machos Wistar sanos, de 7 semanas de edad, con un peso corporal promedio de 166.44 ± 19.04 g y 208.71 ± 45.45 g, respectivamente. Todas las ratas se mantuvieron en jaulas individuales de acrílico de $35 \times 25 \times 17$ cm durante un periodo de adaptación de 14 días. Las ratas (1 macho y 1 hembra) se mantuvieron juntas en una jaula durante una semana para su reproducción, en jaulas de polisulfona de $49 \times 21 \times 19$ cm. Todas las jaulas contaban con bebederos de polipropileno y cama de aserrín. Los animales se alojaron en una sala con temperatura y humedad controladas (20 ± 2 °C, 52% de humedad relativa) y un ciclo de luz/oscuridad de 12 horas. Las instalaciones contaban con un sistema de ventilación mecánica, con una tasa de recambio de aire de 15 a 18 renovaciones por hora durante las 24 h.

Finalmente, las ratas hembras se dividieron aleatoriamente en cinco grupos ($n = 7$): Control, CY (carne de conejo alimentado con yaca), C (carne de conejo alimentado con dieta estándar), PY (carne de pollo alimentado con yaca) y P (carne de pollo alimentado con dieta estándar). Todas las ratas hembras recibieron 2 g día^{-1} de carne, según el grupo asignado. Se proporcionó alimento comercial en pellets 5008-Formulab (Land O'Lakes Inc., Arden Hills, MN, EE. UU.) [Proteína cruda 23%, grasa cruda 6.50%, fibra cruda 4%, humedad 12% y ceniza 8%] y agua destilada ad libitum durante el periodo experimental.

Crecimiento y consumo de alimento

El peso corporal se midió al inicio y al final de la gestación utilizando una báscula modelo CQT5000 (Adam Equipment, Milton Keynes, Reino Unido). Asimismo, se midió diariamente el alimento ofrecido y rechazado. Los datos recopilados se utilizaron para calcular la ganancia diaria y el consumo de alimento.

Perfil bioquímico sanguíneo

Al inicio y al final de la gestación, se obtuvieron muestras de sangre ($200 \mu\text{L}$) del plexo orbital. Estas muestras se almacenaron en un tubo estéril con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) y se enviaron al laboratorio para su análisis, con el fin de determinar la biometría hemática mediante un analizador hematológico Exigo-H400 (Kabla Veterinary DX, Ciudad de México, México). Se utilizó otro tubo estéril sin anticoagulante para obtener suero para cuantificar química sanguínea de seis analitos con un analizador bioquímico BK-1200 (BioBase Biodusty, Jinan, China).

Puntaje Apgar

Cada rata hembra fue evaluada mediante observación directa durante un periodo de 5 a 30 minutos después del parto. La puntuación de vitalidad neonatal se evaluó según la metodología descrita por Dell'Anna et al. (1997) y Alboniga Álvarez et al. (2018). Se consideraron los siguientes aspectos: peso corporal (g), supervivencia (%), frecuencia

respiratoria (por minuto), movimientos espontáneos (0-4), jadeo (presencia o ausencia), longitud hocico-cola (cm), color de la piel (rosa pálido), vocalización (%), longitud de la cola (cm) y diámetro biparietal (cm).

Al finalizar el periodo experimental, para darles muerte de acuerdo a las indicaciones de bienestar animal recopiladas en la legislación nacional (NOM-062-ZOO-1999) todos los animales fueron trasladados a una cámara de CO₂ para realizar la eutanasia.

Análisis estadístico

Este estudio se realizó con un diseño completamente aleatorizado. Todos los datos se analizaron mediante ANOVA utilizando un modelo lineal general con la siguiente ecuación:

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

Donde :

Y_{ij} = variable de respuesta

μ = media poblacional general

α_i = dietas experimentales

ε_{ij} = error experimental.

Las diferencias entre las medias se evaluaron mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Todos los datos se analizaron con Minitab 20.3 (Minitab LCC, PA, Estados Unidos).

Resultados y discusión

Crecimiento y consumo de alimento

Los resultados del crecimiento y el consumo de alimento se presentan en la Tabla 1. Se observa que el peso corporal inicial, final y la ganancia de peso durante el estudio fueron similares entre los cinco grupos ($p > 0.05$). Todos los animales ingirieron 2 g de carne por día. Se presentaron diferencias significativas en el consumo de pellets, siendo el grupo P quienes mostraron menor consumo ($p < 0.05$).

Tabla 1. Crecimiento e ingesta de alimento de ratas preñadas cuando se suplementaron con carne de animales alimentados con/sin pulpa de yaca.

	Tratamientos ¹					MEE ²
	Control	CY	C	PY	P	
Peso inicial (g)	190.50	191.50	200.40	183.50	185.86	7.14
Peso final (g)	273.50	268.70	273.40	266.10	248.90	13.42
Peso total ganado (g)	83.00	77.20	73.00	82.63	63.00	12.62
Carne ingerida (g d ⁻¹)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00
Pellet ingerido (g d ⁻¹)	19.55 ^a	19.60 ^a	19.12 ^{ab}	19.14 ^{ab}	18.21 ^b	0.26

¹CY = Carne de conejo alimentado con pulpa de yaca, C = Carne de conejo alimentado con dieta estándar, PY = Carne de pollo alimentado con pulpa de yaca, P = Carne de pollo alimentado con dieta estándar. ²MEE: Media del error estándar. ^{ab}Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$) según la prueba de Tukey.

La grasa que está presente en los alimentos que se ingieren produce sensación de saciedad principalmente a través de mecanismos de detección postoral que desencadenan la liberación de hormonas de la saciedad en el intestino (Paton et al., 2020; Gallop et al., 2021; Hamamah et al., 2023). La reducción del consumo de pellets observada en el grupo P podría atribuirse principalmente al mayor contenido de grasa de la carne de pollo en comparación con la de conejo (Kumar et al., 2023), lo que probablemente aumentó la densidad energética de la dieta y promovió una mayor sensación de saciedad al retrasar el vaciamiento gástrico (Marangoni et al., 2015).

En segundo lugar, se observó que la inclusión de pulpa de yaca en la dieta de los animales no redujo la ingesta de pellets en ratas, lo que indica que este ingrediente puede incorporarse sin afectar la palatabilidad ni la eficiencia alimenticia. Estudios previos han reportado que la pulpa de yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) contiene fibra, antioxidantes y polifenoles (compuestos bioactivos) (Ortega-González et al., 2025) capaces de modular el metabolismo lipídico y reducir la acumulación de grasa en el músculo animal (Xu et al., 2019; Hu et al., 2023).

En este sentido, la adición de yaca podría haber contribuido a una composición más magra de la carne de pollo y a un perfil nutricional más equilibrado, reduciendo así la densidad

energética de la dieta suplementada y manteniendo un apetito estable en las ratas. En conjunto, estos hallazgos respaldan la hipótesis de que la pulpa de yaca puede mejorar el equilibrio nutricional de la carne de pollo.

Perfil bioquímico sanguíneo

El desequilibrio nutricional materno durante el embarazo es un factor clave que conduce a la inestabilidad de los valores bioquímicos sanguíneos (Carreira et al., 2023). Los parámetros bioquímicos sanguíneos basales fueron similares en todos los grupos antes de la gestación ($p > 0.05$) (Tabla 2); sin embargo, después del parto, las hembras de los grupos CY y PY mantuvieron concentraciones de triglicéridos dentro del rango normal, mientras que los niveles se elevaron en los grupos C y P y disminuyeron en el grupo control ($p < 0.05$) (Tabla 3).

Los niveles de triglicéridos tienden a aumentar durante el embarazo como parte de un proceso de adaptación fisiológica; sin embargo, disminuyen tras el parto (Eshriqui et al., 2017; Zhu et al., 2021). La magnitud del aumento de triglicéridos durante el embarazo se asocia directamente con el riesgo de hipertrigliceridemia posparto (Zhu et al., 2021). La carne de conejo y de pollo contiene diferentes cantidades de grasa (Dalle Zotte & Szendrő, 2011); en este estudio, sin embargo, es probable que la inclusión de yaca mejorara el perfil lipídico de la carne, lo que, al ser consumida por ratas preñadas, ayudó a mantener los niveles de triglicéridos dentro de un rango saludable.

Además, el control del peso y una ingesta adecuada de lípidos antes y durante el inicio del embarazo pueden reducir la prevalencia de trastornos metabólicos como la diabetes mellitus gestacional (Lin et al., 2025).

Tabla 2. Biometría hemática y química sanguínea de ratas antes de la gestación cuando se suplementaron con carne de animales alimentados con/sin pulpa de yaca.

	Tratamientos ¹					MEE ²
	Control	CY	C	PY	P	
Recuento sanguíneo						
Leucocitos $\times 10^{12}\cdot L^{-1}$	7.86	7.40	6.22	7.60	8.24	1.09
Glóbulos rojos $\times 10^{12}\cdot L^{-1}$	7.06	7.01	6.69	7.02	8.01	0.87
Hemoglobina $g\cdot L^{-1}$	168.50	167.30	140.60	143.00	169.20	1.22
Hematocrito (%)	43.76	44.76	42.78	36.00	51.74	6.01
Volumen corpuscular medio (Fl.)	61.52	63.34	63.52	61.40	62.30	0.89
Hemoglobina corpuscular media (pg.)	20.36	20.60	20.84	20.40	21.14	0.28
Concentración media de hemoglobina corpuscular $g\cdot L^{-1}$	331.00	325.40	328.40	332.80	333.40	3.00
Recuento de plaquetas $\times 10^9\cdot L^{-1}$	717.00	720.20	780.00	775.70	762.20	61.28
Recuento diferencial leucocitario						
Granulocitos (%)	25.40	27.40	26.00	26.40	27.40	3.09
Linfocitos (%)	72.00	70.40	72.00	71.60	70.20	3.21
Monocitos (%)	2.60	2.40	2.60	2.00	2.80	0.37
Química sanguínea						
Glucosa ($mg\cdot Dl^{-1}$)	55.20	59.00	62.80	70.60	57.60	5.17
Urea ($mg\cdot Dl^{-1}$)	26.95	28.90	33.56	29.86	27.44	.74
Creatinina ($mg\cdot Dl^{-1}$)	0.13	0.27	0.33	0.29	0.27	0.04
Ácido Úrico ($mg\cdot Dl^{-1}$)	2.60	3.09	3.16	2.97	2.89	0.62
Colesterol total ($mg\cdot Dl^{-1}$)	59.25	64.80	69.25	59.25	69.60	4.90
Triglicéridos ($mg\cdot Dl^{-1}$)	108.25	116.50	121.67	98.00	112.67	6.04

¹CY = Carne de conejo alimentado con pulpa de yaca, C = Carne de conejo alimentado con dieta estándar, PY = Carne de pollo alimentado con pulpa de yaca, P = Carne de pollo alimentado con dieta estándar. ²MEE: Media del error estándar.

Tabla 3. Biometría hemática y química sanguínea de ratas al final de la gestación cuando se suplementaron con carne de animales alimentados con/sin pulpa de yaca.

	Tratamientos ¹					MEE ²
	Control	CY	C	PY	P	
Recuento sanguíneo						
Leucocitos $\times 10^{12} \cdot L^{-1}$	7.67	3.50	5.16	6.66	7.08	1.42
Glóbulos rojos $\times 10^{12} \cdot L^{-1}$	7.51	4.46	5.56	7.11	8.55	1.35
Hemoglobina $g \cdot L^{-1}$	156.33	152.00	139.50	142.80	151.67	1.00
Hematocrito (%)	47.83	45.70	42.85	42.82	46.07	3.21
Volumen corpuscular medio (fL.)	60.50	60.27	64.00	60.28	61.70	0.98
Hemoglobina corpuscular media (pg.)	20.68	20.65	21.16	22.12	20.30	1.24
Concentración media de hemoglobina corpuscular $g \cdot L^{-1}$	342.60	342.20	330.60	334.00	328.60	7.80
Recuento de plaquetas $\times 10^9 \cdot L^{-1}$	911.00	863.50	875.50	1172.50	1117.00	65.00
Recuento diferencial leucocitario						
Granulocitos (%)	37.07	33.70	28.83	33.56	30.26	4.64
Linfocitos (%)	59.90	63.15	65.46	61.99	64.82	4.52
Monocitos (%)	4.16	3.15	5.70	4.46	4.92	0.75
Química sanguínea						
Glucosa ($mg \cdot dL^{-1}$)	53.70	57.25	52.66	52.60	62.60	3.49
Urea ($mg \cdot dL^{-1}$)	24.76	27.42	24.80	28.32	28.38	1.22
Creatinina ($mg \cdot dL^{-1}$)	0.54	0.64	0.46	0.53	0.69	0.07
Ácido Úrico ($mg \cdot dL^{-1}$)	2.69	2.21	2.81	2.36	2.23	0.34
Colesterol total ($mg \cdot dL^{-1}$)	69.67	76.00	85.33	71.00	68.25	5.65
Triglicéridos ($mg \cdot dL^{-1}$)	49.33 ^d	53.00 ^{cd}	83.00 ^b	68.67 ^{bc}	152.00 ^a	4.18

¹CY = Carne de conejo alimentado con pulpa de yaca, C = Carne de conejo alimentado con dieta estándar, PY = Carne de pollo alimentado con pulpa de yaca, P = Carne de pollo alimentado con dieta estándar. ²MEE: Media del error estándar.

^{ab}Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$) según la prueba de Tukey.

Puntaje Apgar

Los resultados de la evaluación de la vitalidad neonatal se presentan en la Tabla 4. Los valores para el número de crías nacidas por hembra, la supervivencia y la longitud nariz-cola fueron similares entre los grupos ($p > 0.05$). Todos los animales de los cinco grupos presentaron coloración rosada en la piel, pero ninguno presentó dificultad respiratoria ($p > 0.05$).

Tabla 4. Número de crías nacidas por hembra y puntaje Apgar cuando las madres fueron suplementadas con carne de animales alimentados con pulpa de yaca.

	Tratamientos ¹					MEE ²
	Control	CY	C	PY	P	
Número de crías nacidas por hembra	8.1	9.60	9.25	10	6.66	1.38
Peso corporal (g)	6.34 ^b	6.73 ^a	6.58 ^{ab}	6.40 ^{ab}	6.42 ^{ab}	0.09
Supervivencia (%)	98	100	100	100	100	1.00
Frecuencia respiratoria (por minuto)	79.48 ^c	95.52 ^{ab}	83.13 ^{bc}	95.85 ^a	91.15 ^{ab}	3.33
Movimientos espontáneos	3.48 ^b	3.92 ^a	3.27 ^b	3.47 ^b	3.42 ^b	0.09
Talla (distancia nariz- cola) (cm)	6.32	6.78	8.65	6.65	6.53	0.65
Longitud de la cola (cm)	1.52 ^b	1.71 ^a	1.64 ^a	1.66 ^a	1.62 ^{ab}	0.02
Diametro bipariental (cm)	1.18 ^{ab}	1.21 ^a	1.18 ^{ab}	1.21 ^a	1.15 ^b	0.01
Vocalizationes (%)	100	100	100	100	100	0

¹CY = Carne de conejo alimentado con pulpa de yaca, C = Carne de conejo alimentado con dieta estándar, PY = Carne de pollo alimentado con pulpa de yaca, P = Carne de pollo alimentado con dieta estándar. ²MEE: Media del error estándar. ^{ab}Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$) según la prueba de Tukey.

Las crías de hembras suplementadas con cualquier tipo de carne presentaron un mayor peso corporal en comparación con el grupo control ($p < 0.05$). Los patrones dietéticos saludables que incluyen proteínas animales magras y mantienen un equilibrio adecuado entre proteínas y energía se han asociado con efectos positivos en el peso al nacer, a diferencia de las dietas ricas en alimentos refinados y carnes procesadas (Chia et al., 2019; Imdad & Bhutta, 2012).

La ingesta materna de proteínas durante el embarazo está estrechamente relacionada con el correcto funcionamiento del sistema nervioso simpático (De Brito Alves et al., 2015). En este estudio, las diferencias en el contenido proteico de la dieta materna podrían haber influido en la frecuencia respiratoria de las crías. Estudios previos han demostrado que las crías nacidas de hembras alimentadas con una dieta baja en proteínas presentan una frecuencia respiratoria reducida durante los primeros 14 días posteriores al nacimiento (Nogueira et al., 2019).

Los movimientos espontáneos son indicadores importantes del desarrollo neuromotor y la integridad del sistema nervioso central (Dell'Anna et al., 1997; Einspieler et al., 2008), y también son útiles para predecir futuros trastornos neuromotores (Einspieler & Prechtel, 2005). El correcto desarrollo neurológico fetal depende del aporte adecuado de nutrientes como aminoácidos esenciales, ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga, vitaminas y minerales (Na et al., 2024).

En este estudio, el grupo CY presentó la puntuación más alta en movimientos espontáneos ($p < 0,05$). La carne de conejo es una valiosa fuente de nutrientes como el hierro hemo y las vitaminas del grupo B (Heland et al., 2022). Se ha informado que enriquecer la dieta animal con frutas tropicales o subproductos vegetales aumenta el contenido de antioxidantes y modifica el perfil lipídico de la carne (Petcu et al., 2023). Cuando la madre consume dicha carne, puede beneficiar al feto al reducir el estrés oxidativo y favorecer el desarrollo del sistema nervioso central (Ghazal & Naffaa, 2025; Qin et al., 2025; Shokri-Mashhadi et al., 2022).

La ingesta de ácido fólico es esencial durante el embarazo, ya que desempeña un papel fundamental en la síntesis de ácidos nucleicos y en la prevención de defectos del tubo neural (Seyoum Tola, 2024). Los grupos que consumieron carne (CY, C, PY y P) presentaron colas más largas que el grupo control ($p < 0.05$). La carne de pollo y de conejo suelen contener concentraciones de folato de aproximadamente 8-14 μg y 10 μg por cada 100 g de carne,

respectivamente (Dalle Zotte y Szendrő, 2011), lo que podría haber aumentado la concentración de este micronutriente en la dieta, confirmando de esta manera que se tuvo un mejor aporte de este micronutriente. Se ha comprobado que longitud de la cola de las crías está estrechamente relacionada con la ingesta de ácido fólico de la madre durante la gestación (González Armas & Cabezas Alfonso, 2015).

El calcio es un mineral clave para la formación ósea (Gerede et al., 2025); sin embargo, durante el embarazo, el feto mantiene niveles de calcio relativamente constantes, independientemente del estado de calcio materno (Kovacs, 2014). En este estudio, las crías de los grupos Control, CY, C y PY presentaron diámetros biparietales mayores en comparación con las del grupo P ($p < 0.05$). El diámetro biparietal es un parámetro estrechamente relacionado con la edad y el peso fetal (Mador et al., 2011); por lo tanto, su magnitud no pudo atribuirse directamente a ningún micronutriente específico.

Conclusión

En general, los resultados de este estudio indican que la suplementación materna con carne de conejo alimentado con pulpa de yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) ejerce un efecto positivo en la salud neonatal, evidenciado por mejores puntuaciones de Apgar y una reducción en las complicaciones periparto. Estos resultados sugieren que la incorporación de este tipo de carne a la dieta materna podría constituir una estrategia nutricional eficaz para mejorar el bienestar neonatal, a la vez que ofrece una alternativa sostenible para la producción animal. No obstante, se justifica realizar más investigaciones para dilucidar los mecanismos fisiológicos subyacentes y validar estos beneficios en otros modelos, pero los presentes hallazgos proporcionan evidencia inicial valiosa que respalda el potencial de esta intervención dietética.

Referencias

- Alboniga Álvarez, O., González Freije, S., Cabrera Vázquez, N., Sanabria Negrín, J. G., & Linares Guerra, E. M. (2018). Calcium supplementation in pregnant Wistar rats on the anthropometric variables of their offspring. *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*, 22(3). www.revcmpinar.sld.cu/index.php/publicaciones/article/view/3482
- Blair, A. D., Gubbels, E. R., Block, J. J., Olson, K. C., Grubbs, J. K., & Underwood, K. R. (2021). Maternal Nutrition and Meat Quality of Progeny. *Meat and Muscle Biology*, 5(3). <https://doi.org/10.22175/mmb.12990>
- Bordoni, A., & Danesi, F. (2017). Poultry Meat Nutritive Value and Human Health. En *Poultry Quality Evaluation* (pp. 279-290). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100763-1.00011-8>
- Carreira, N. P., De Lima, M. C., Sartorelli, D. S., & Crivellenti, L. C. (2023). Relationship between diet quality and biochemical profile in Brazilian overweight pregnant women. *Nutrition*, 113, 112056. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2023.112056>
- Chia, A.-R., Chen, L.-W., Lai, J. S., Wong, C. H., Neelakantan, N., Van Dam, R. M., & Chong, M. F.-F. (2019). Maternal Dietary Patterns and Birth Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Advances in Nutrition*, 10(4), 685-695. <https://doi.org/10.1093/advances/nmy123>
- Christifano, D. N., Gustafson, K. M., Carlson, S. E., Mathis, N. B., Brown, A., Onuoha, O., & Taylor, M. K. (2024). The Role of Fresh Beef Intake and Mediterranean Diet Adherence during Pregnancy in Maternal and Infant Health Outcomes. *Nutrients*, 16(10), 1436. <https://doi.org/10.3390/nu16101436>
- Dalle Zotte, A., & Szendrő, Z. (2011). The role of rabbit meat as functional food. *Meat Science*, 88(3), 319-331. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.02.017>
- De Brito Alves, J. L., Nogueira, V. O., Cavalcanti Neto, M. P., Leopoldino, A. M., Curti, C., Colombari, D. S., Colombari, E., Wanderley, A. G., Leandro, C. G., Zoccal, D. B., & Costa-Silva, J. H. (2015). Maternal Protein Restriction Increases Respiratory and

- Sympathetic Activities and Sensitizes Peripheral Chemoreflex in Male Rat Offspring. *The Journal of Nutrition*, 145(5), 907-914. <https://doi.org/10.3945/jn.114.202804>
- Delgado-Pertíñez, M., & Horcada, A. (2021). Better Animal Feeding for Improving the Quality of Ruminant Meat and Dairy. *Foods*, 10(5), 1076. <https://doi.org/10.3390/foods10051076>
- Dell'Anna, E., Chen, Y., Engidawork, E., Andersson, K., Lubec, G., Luthman, J., & Herrera-Marschitz, M. (1997). Delayed neuronal death following perinatal asphyxia in rat. *Experimental brain research*, 105-115.
- Denissen, K. F. M., Heil, S. G., Eussen, S. J. P. M., Heeskens, J. P. J., Thijs, C., Mommers, M., Smits, L. J. M., Van Dongen, M. C. J. M., & Dagnelie, P. C. (2019). Intakes of Vitamin B-12 from Dairy Food, Meat, and Fish and Shellfish Are Independently and Positively Associated with Vitamin B-12 Biomarker Status in Pregnant Dutch Women. *The Journal of Nutrition*, 149(1), 131-138. <https://doi.org/10.1093/jn/nxy233>
- Einspieler, C., Marschik, P. B., & Prechtel, H. F. R. (2008). Human Motor Behavior: Prenatal Origin and Early Postnatal Development. *Zeitschrift für Psychologie / Journal of Psychology*, 216(3), 147-153. <https://doi.org/10.1027/0044-3409.216.3.147>
- Einspieler, C., & Prechtel, H. F. R. (2005). Prechtel's assessment of general movements: A diagnostic tool for the functional assessment of the young nervous system. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, 11(1), 61-67. <https://doi.org/10.1002/mrdd.20051>
- Eshriqui, I., Franco-Sena, A. B., Farias, D. R., Freitas-Vilela, A. A., Cunha, D. B., Barros, E. G., Emmett, P. M., & Kac, G. (2017). Prepregnancy Dietary Patterns Are Associated with Blood Lipid Level Changes During Pregnancy: A Prospective Cohort Study in Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 117(7), 1066-1079.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2016.12.007>
- Gallop, M. R., Wilson, V. C., & Ferrante, A. W. (2021). Post-oral sensing of fat increases food intake and attenuates body weight defense. *Cell Reports*, 37(3), 109845. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2021.109845>

- Gerede, A., Papasozomenou, P., Stavros, S., Potiris, A., Domali, E., Nikolettos, N., Eleftheriades, M., & Zafrakas, M. (2025). Calcium Supplementation in Pregnancy: A Systematic Review of Clinical Studies. *Medicina*, 61(7), 1195. <https://doi.org/10.3390/medicina61071195>
- Ghazal, R. M., & Naffaa, M. M. (2025). Omega-3 fatty acids and fetal brain development: Implications for maternal nutrition, mechanisms of cognitive function, and pediatric depression. *Exploration of Neuroprotective Therapy*, 5, 1004107. <https://doi.org/10.37349/ent.2025.1004107>
- González Armas, E., & Cabezas Alfonso, H. C. (2015). Efectos del ácido fólico sobre variables morfológicas en ratas Wistar recién nacidas. *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*, 19(4). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-31942015000400009
- Hamamah, S., Amin, A., Al-Kassir, A. L., Chuang, J., & Covasa, M. (2023). Dietary Fat Modulation of Gut Microbiota and Impact on Regulatory Pathways Controlling Food Intake. *Nutrients*, 15(15), 3365. <https://doi.org/10.3390/nu15153365>
- Heland, S., Fields, N., Ellery, S. J., Fahey, M., & Palmer, K. R. (2022). The role of nutrients in human neurodevelopment and their potential to prevent neurodevelopmental adversity. *Frontiers in Nutrition*, 9, 992120. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.992120>
- Hu, Y., He, D., Yu, B., & Chen, D. (2023). Effects of Different Types of Dietary Fibers on Lipid Metabolism and Bile Acids in Weaned Piglets. *Animals*, 13(20), 3266. <https://doi.org/10.3390/ani13203266>
- Imdad, A., & Bhutta, Z. A. (2012). Maternal Nutrition and Birth Outcomes: Effect of Balanced Protein-Energy Supplementation. *Paediatric and Perinatal Epidemiology*, 26(s1), 178-190. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3016.2012.01308.x>
- Kalse, S. B., & Swami, S. B. (2022). Recent application of jackfruit waste in food and material engineering: A review. *Food Bioscience*, 48, 101740. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101740>

- Külcü, D., & Yolcu, Ö. (2020). Consciousness level determination of red meat consumption of pregnant women, Giresun/Turkey province. *Journal of Mind and Medical Sciences*, 7(1), 79-84. <https://doi.org/10.22543/7674.71.P7984>
- Kovacs, C. S. (2014). Bone Development and Mineral Homeostasis in the Fetus and Neonate: Roles of the Calcitropic and Phosphotropic Hormones. *Physiological Reviews*, 94(4), 1143-1218. <https://doi.org/10.1152/physrev.00014.2014>
- Kumar, S. A., Kim, H.-J., Jayasena, D. D., & Jo, C. (2023). On-Farm and Processing Factors Affecting Rabbit Carcass and Meat Quality Attributes. *Food Science of Animal Resources*, 43(2), 197-219. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2023.e5>
- Lin, L., Xu, L., Dong, J., Song, L., Ye, X., Lin, J., & Miao, C. (2025). Triglyceride glucose-body mass index and the risk of gestational diabetes mellitus: A prospective pregnancy nutrition cohort study. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 229, 112901. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2025.112901>
- Mador, E. S., Ekwempu, C. C., Mutihir, J. T., Adoga, G., I., & Ogunranti, J. O. (2011). Ultrasonographic Biometry: Biparietal Diameter of Nigerian fetuses. *Nigerian Medical Journal*, 52(1), 41-44.
- Marangoni, F., Corsello, G., Cricelli, C., Ferrara, N., Ghiselli, A., Lucchin, L., & Poli, A. (2015). Role of poultry meat in a balanced diet aimed at maintaining health and wellbeing: An Italian consensus document. *Food & Nutrition Research*, 59(1), 27606. <https://doi.org/10.3402/fnr.v59.27606>
- Na, X., Mackean, P. P., Cape, G. A., Johnson, J. W., & Ou, X. (2024). Maternal Nutrition during Pregnancy and Offspring Brain Development: Insights from Neuroimaging. *Nutrients*, 16(19), 3337. <https://doi.org/10.3390/nu16193337>
- Nogueira, V. O., Andrade, L. D. S., Rocha-Júnior, R. L., Melo, P. E. D., Helvécio, E., Fontes, D. A. F., Romão, T. P., Leandro, C. G., & Costa-Silva, J. H. (2019). Maternal physical activity prevents the overexpression of hypoxia-inducible factor 1- α and cardiorespiratory dysfunction in protein malnourished rats. *Scientific Reports*, 9(1), 14406. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50967-7>

- Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. (1999). <https://www.gob.mx/senasica/documentos/nom-062-zoo-1999/>
- Ortega-González, L., Ayala-Martínez, M., González-Tenorio, R., Nava-Morales, G. M., Hernández-Domínguez, H., & Soto-Simental, S. (2025). Use of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) as an agroindustrial byproduct in animal feeding: A systematic review. *Agronomía Mesoamericana*, 36. <https://doi.org/10.15517/am.2025.60851>
- Ortega-González, L., Soto-Simental, S., González-Tenorio, R., Ocampo-López, J., Hernández-Domínguez, H., Nava-Morales, G. M., & Ayala-Martínez, M. (2025). Effect of Powder from Different Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) Sections on Performance, Blood Indices, Carcass Characteristics, and Meat Quality of Rabbits. *Animals*, 15(11), 1609. <https://doi.org/10.3390/ani15111609>
- Paton, C. M., Son, Y., Vaughan, R. A., & Cooper, J. A. (2020). Free Fatty Acid-Induced Peptide YY Expression Is Dependent on TG Synthesis Rate and Xbp1 Splicing. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(9), 3368. <https://doi.org/10.3390/ijms21093368>
- Petcu, C. D., Mihai, O. D., Tăpăloagă, D., Gheorghe-Irimia, R.-A., Pogurschi, E. N., Militaru, M., Borda, C., & Ghimpețeanu, O.-M. (2023). Effects of Plant-Based Antioxidants in Animal Diets and Meat Products: A Review. *Foods*, 12(6), 1334. <https://doi.org/10.3390/foods12061334>
- Qin, R., Pang, L., Hu, H., Jiang, Y., Lv, H., Ye, K., Liu, C., Xu, X., Liu, X., Zhou, K., Jiang, T., Du, J., Hu, L., Hu, Z., Shi, Z., & Lin, Y. (2025). Associations of maternal dietary iron intake during pregnancy with infant neurodevelopment: Evidence from a prospective cohort study. *Nutrition Journal*, 24(1), 131. <https://doi.org/10.1186/s12937-025-01197-3>
- Seyoum Tola, F. (2024). The concept of folic acid supplementation and its role in prevention of neural tube defect among pregnant women: PRISMA. *Medicine*, 103(19), e38154. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000038154>

- Shokri-Mashhadi, N., Khoshhali, M., Heidari-Beni, M., & Kelishadi, R. (2022). Association between maternal plasma total antioxidant capacity and dietary antioxidants intake with birth size outcomes. *Journal of Tropical Pediatrics*, 69(1), fmac112. <https://doi.org/10.1093/tropej/fmac112>
- Sugiharto, S., & Nuengjamnong, C. (2025). An update review on the use of agro-industrial byproducts on carcass and meat quality of broiler chickens. *Discover Food*, 5(1), 203. <https://doi.org/10.1007/s44187-025-00509-0>
- Sun, X., Dou, Z., Shurson, G. C., & Hu, B. (2024). Bioprocessing to upcycle agro-industrial and food wastes into high-nutritional value animal feed for sustainable food and agriculture systems. *Resources, Conservation and Recycling*, 201, 107325. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107325>
- United Nations Organization. (2015a). Sustainable Development Goals. Goal 3: Ensure healthy lives and promote well-being for all at all ages. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/health/>
- United Nations Organization. (2015b). Sustainable Development Goals. 17 Goals to Transform Our World. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>
- Wood, J. D. (2023). Meat composition and nutritional value. En *Lawrie's Meat Science* (pp. 665-685). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85408-5.00012-1>
- World Health Organization. (2019). Essential nutrition actions: Mainstreaming nutrition through the life-course. World Health Organization. <https://iris.who.int/handle/10665/326261>
- Xu, X., Chen, X., Chen, D., Yu, B., Yin, J., & Huang, Z. (2019). Effects of dietary apple polyphenol supplementation on carcass traits, meat quality, muscle amino acid and fatty acid composition in finishing pigs. *Food & Function*, 10(11), 7426-7434. <https://doi.org/10.1039/C9FO01304K>
- Ye, S., Imran, A., Agar, O. T., Yadav, D., Moore, C., & Suleria, H. A. R. (2025). Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.): Nutritional profile, polysaccharide analysis, and

opportunities for product development. *International Journal of Food Science and Technology*, 60(1), vvaf091. <https://doi.org/10.1093/ijfood/vvaf091>

Zhu, Y., Zhu, H., Dang, Q., Yang, Q., Huang, D., Zhang, Y., Cai, X., & Yu, H. (2021). Changes in serum TG levels during pregnancy and their association with postpartum hypertriglyceridemia: A population-based prospective cohort study. *Lipids in Health and Disease*, 20(1), 119. <https://doi.org/10.1186/s12944-021-01549-y>

Anexos

Participación en congresos



EL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE CALKINÍ EN EL MARCO DE LA
XLIX REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA ASOCIACIÓN MEXICANA
PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL Y SEGURIDAD ALIMENTARIA A.C.

Otorga la presente

CONSTANCIA

A:

Liliana Ortega-González, Sergio Soto-Simental, Roberto González-Tenorio, Héctor Hernández-Domínguez, Gerardo-Manuel Nava-Morales, Maricela Ayala-Martínez

Por su valiosa participación como ponente en la modalidad ORAL del trabajo titulado:

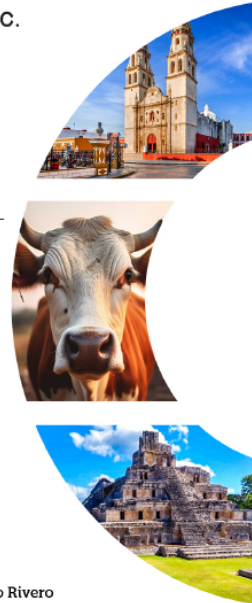
Evaluación de los parámetros productivos de conejos ali-mentados con yaca (Artocarpus heterophyllus Lam.).

San Francisco de Campeche, México, 16, 17 y 18 de octubre de 2024.


Dr. José Herreña Camacho
Presidente AMPA


INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE CALKINÍ
DIRECCIÓN GENERAL
CLAVE 04MSUB13P
CALKINÍ CAMPECHE MÉXICO


Mtro. Rodolfo Enrique Cardozo Rivero
Director General ITESCAM



LA ASOCIACIÓN NACIONAL DE ESPECIALISTAS
EN CIENCIAS AVÍCOLAS DE MÉXICO A.C.



Otorga el presente

Reconocimiento

LILIANA ORTEGA GONZALEZ

Por su participación como ponente en la XLIX Convención Anual ANECA, llevada a cabo del 29 de Abril al 02 de Mayo del 2025 en Guadalajara, Jalisco.


MVZ. EPA. Luis Arturo Suazo Orozco
Presidente


Dra. Odette Urquiza Bravo
Secretaria



Artículos publicados

Agronomía Mesoamericana



Revisión bibliográfica

Volumen 36: Artículo 60851, 2025

e-ISSN 2215-3608, <https://doi.org/10.15517/am.2025.60851>

<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeo/index>



Uso de la yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) como residuo agroindustrial en la alimentación animal: Revisión sistemática*

Use of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) as an agroindustrial byproduct in animal feeding: A systematic review

Liliana Ortega-González¹, Maricela Ayala-Martínez¹, Roberto González-Tenorio¹, Gerardo Manuel Nava-Morales², Héctor Hernández-Domínguez³, Sergio Soto-Simental¹

* Recepción: 14 de agosto, 2024. Aceptación: 16 de octubre, 2024. La presente revisión bibliográfica es parte del proyecto de tesis doctoral de Liliana Ortega González realizado en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

¹ Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Agropecuarias. Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México. or231480@uah.edu.mx (<https://orcid.org/0000-0003-2284-8267>); ayalam@uah.edu.mx (<https://orcid.org/0000-0001-5554-218X>); rtensorio@uah.edu.mx (<https://orcid.org/0000-0001-8178-2902>); sotos@uah.edu.mx (autor para correspondencia; <https://orcid.org/0000-0002-6923-0926>).

² Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Química, Cerro de las Campanas S/N, Querétaro, México. gerardomnava@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0003-4689-0419>).

³ Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias de la Salud. San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo. hector_hernandez7859@uah.edu.mx (<https://orcid.org/0000-0001-9337-8384>).

Resumen

Introducción. En la actualidad, la innovación de la industria alimentaria conlleva la generación de miles de toneladas de residuos orgánicos que afectan de manera negativa la sostenibilidad ambiental. Por ello, es importante que se tomen acciones que contribuyan a la reducción de desperdicios y aprovechen los compuestos bioactivos. **Objetivo.** Realizar una revisión de literatura sobre los nutrientes y compuestos bioactivos presentes en las principales partes de la yaca (cáscara, pulpa y semilla), para adicionar esta fruta en la alimentación de animales de producción. **Desarrollo.** Se llevó a cabo una revisión sistemática basada en artículos de carácter experimental localizados en las bases de datos ScienceDirect, Wiley, Google Académico, Scopus y Springer Link. Para ello, se utilizó una ecuación de búsqueda. Los resultados mostraron que las diferentes partes de la yaca presentan nutrientes (proteínas, hidratos de carbono, minerales) y compuestos bioactivos (polifenoles, flavonoides, polisacáridos, fenoles, etc.), que se ha logrado comprobar que tienen un efecto positivo cuando se añaden en la alimentación de animales de producción (pollos de engorde, ovejas y cabras). **Conclusiones.** La adición de la yaca en la alimentación de animales de producción favorece la ganancia de peso, mejora la digestibilidad, estimula el sistema inmunológico y disminuye el costo de producción del alimento.

Palabras clave: compuestos bioactivos, pequeños rumiantes, pollos, ratas.

Abstract








Introduction. Currently, food industry innovation results in the generation of thousands of tons of organic waste that negatively impacts environmental sustainability. Therefore, it is important to implement actions that contribute to



© 2025 Agronomía Mesoamericana es desarrollada en la Universidad de Costa Rica bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-ShareAlike 4.0 Internacional. Para más información escriba a pccmca@ucr.ac.cr o pccmca@gmail.com

Article

Effect of Powder from Different Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) Sections on Performance, Blood Indices, Carcass Characteristics, and Meat Quality of Rabbits

Liliana Ortega-González ¹, Sergio Soto-Simental ¹, Roberto González-Tenorio ¹, Juan Ocampo-López ¹, Héctor Hernández-Domínguez ², Gerardo M. Nava-Morales ³ and Maricela Ayala-Martínez ^{1,*}

- ¹ Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Av. Universidad s/n Km 1, Ex Hacienda de Aquetzalpa, Tlalancingo CP 43600, Hidalgo, Mexico; or231480@uaeh.edu.mx (L.O.-G.); sotos@uaeh.edu.mx (S.S.-S.); rtenorio@uaeh.edu.mx (R.G.-T.); jocampo@uaeh.edu.mx (J.O.-L.)
- ² Bioterio, Circuito Ex Hacienda la Concepción s/n Carr. Pachuca-Actopan, San Agustín Tlaxiaca CP 42160, Hidalgo, Mexico; hector_hernandez7859@uaeh.edu.mx
- ³ Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas S/N-Edificio 5, Santiago de Querétaro CP 76017, Querétaro, Mexico; gerardomnava@gmail.com
- * Correspondence: ayalam@uaeh.edu.mx

Simple Summary: Jackfruit parts are considered a good source of nutrients, so their use in animal feed could contribute to waste reduction. In this study, jackfruits were divided into seed, pulp, and peel, and the parts were used to feed rabbits. After four weeks, the animals were slaughtered, and carcass traits and meat characteristics were evaluated. Then, burgers were made from the meat obtained. The results found in this study indicate that pulp and peel powders have a feed conversion ratio similar to the control group of rabbits. However, a sensory analysis specified that good taste and general acceptability were observed in the groups using jackfruit parts. According to these results, the addition of jackfruit parts to feed rabbits can be used to fatten rabbits and contribute to obtaining meat with high consumer acceptability.



Received: 16 April 2025
 Revised: 21 May 2025
 Accepted: 24 May 2025
 Published: 30 May 2025

Citation: Ortega-González, L.; Soto-Simental, S.; González-Tenorio, R.; Ocampo-López, J.; Hernández-Domínguez, H.; Nava-Morales, G.M.; Ayala-Martínez, M. Effect of Powder from Different Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) Sections on Performance, Blood Indices, Carcass Characteristics, and Meat Quality of Rabbits. *Animals* **2025**, *15*, 1609. <https://doi.org/10.3390/ani15111609>

Copyright: © 2025 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: Fruit wastes have been considered as environmental pollution. Jackfruit is a good source of nutrients and bioactive compounds, meaning that its use in animal feed could contribute to waste reduction. The objective of this research was to evaluate the different parts of jackfruit (seed, pulp, and peel) as an agro-industrial waste on the productive parameters, carcass traits, and meat quality of rabbits. For this study, 144 thirty-five-day-old rabbits were randomly divided into four treatments, control (C), 2.5% pulp powder (PY), 2.5% seed powder (SY), and 2.5% peel powder (CY), with six repetitions and 6 rabbits for each repetition. The fattening period was 30 days. The best feed conversion ratios were found in the C, PY, and CY groups ($p < 0.05$). The highest chilled carcass yield was observed in the PY group ($p < 0.05$). Similar results were observed for intestinal morphology in all treatments ($p > 0.05$). The meat color obtained from the PY group had higher whiteness, redness, and chroma values ($p < 0.05$). Higher taste and general acceptability values for meat were observed in the groups using jackfruit (SY, PY, and CY). It is concluded that the addition of jackfruit peel powders can be used in rabbit feed, as they improve the final weight, feed conversion, carcass yield, and meat texture, while the sensory analysis demonstrates that the meat is well accepted by consumers.

Keywords: waste jackfruit; rabbit; meat quality

XVIII
ENCUENTRO NACIONAL
DE CUNICULTURA

ANCUM
Asociación Nacional de Cunicultores
de México A.C.


La Asociación Nacional de Cunicultores de México A.C.

Otorga la presente **CONSTANCIA**
a

M. EN C.A. LILIANA ORTEGA GONZÁLEZ

Por su participación como parte del **COMITÉ ORGANIZADOR** en el curso pre-congreso
"ELABORACIÓN DE PRODUCTOS CÁRNICOS DE CONEJO"
Efectuado en Tulancingo, Hgo. del 22 al 24 de marzo de 2023


Dra. Maricela Ayala Martínez
Coordinadora general del
XVIII Encuentro Nacional de Cunicultura


Lic. Armando Ignacio Pastrana Dueñas
Presidente ANCUM


Laura Alejandra Gomar Ruiz
Secretaria ANCUM



Evento certificado por
CONCERVET

XVIII
ENCUENTRO NACIONAL
DE CUNICULTURA


ANCUM
Asociación Nacional de Cunicultores
de México A.C.


La Asociación Nacional de Cunicultores de México A.C.

Otorga la presente **CONSTANCIA**
a

M. EN C.A. LILIANA ORTEGA GONZÁLEZ

Por su participación como parte del **COMITÉ ORGANIZADOR** en el curso pre-congreso
"BUENAS PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN EN UNA GRANJA CUNICOLA"
Efectuado en Tulancingo, Hgo. del 22 al 24 de marzo de 2023


Dra. Maricela Ayala Martínez
Coordinadora general del
XVIII Encuentro Nacional de Cunicultura


Lic. Armando Ignacio Pastrana Dueñas
Presidente ANCUM


Laura Alejandra Gomar Ruiz
Secretaria ANCUM



Evento certificado por
CONCERVET



La Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Otorga la presente

CONSTANCIA

a

M. en C. A. Liliana Ortega González

Por su participación como ORGANIZADOR

Del 5º Encuentro de Egresados de MVZ-ICAP-UAEH

en el marco de la Semana de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2023

"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"

Tulancingo de Bravo, Hidalgo, Méx. del 15 al 17 de agosto de 2023.



Dr. Armando Peláez Acero
Director ICAP



La Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Otorga la presente

CONSTANCIA

a

M. en C. A. Liliana Ortega González

Por su participación como ORGANIZADOR

Del 5º Seminario de Egresados de MVZ-ICAP-UAEH "Actualización en el campo profesional"

en el marco de la Semana de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2023

"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"

Tulancingo de Bravo, Hidalgo, Méx. del 15 al 17 de agosto de 2023.



Dr. Armando Peláez Acero
Director ICAP



**EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
A TRAVÉS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CELAYA
Y
EL COLEGIO DE ESTADO DE HIDALGO**

OTORGAN EL PRESENTE

RECONOCIMIENTO

A

M. en C. A. Liliana Ortega González

Por la exposición de sus experiencias de atención al sector Agroalimentario
en el foro de conformación del NODO-HIDALGO

de la RASA del TecNM.

PACHUCA, HIDALGO, A 22 de septiembre del 2023.

DR. EDGAR IVÁN ROLDÁN CRUZ
COORDINADOR GENERAL DEL EVENTO

DRA. AUREA BERNARDINO NICANOR

DR. LEOPOLDO GONZÁLEZ CRUZ

COORDINADORES GENERALES DE LA RASA



Centro de Educación
Continua y a Distancia

LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO Y
EL CENTRO DE EDUCACIÓN CONTINUA Y A DISTANCIA

OTORGAN LA PRESENTE

CONSTANCIA

A

ORTEGA GÓNZALEZ LILIANA

Por haber participado en el curso de verano "La Universidad de los niños", impartiendo las actividades
"La importancia de los animales de la granja" y "El consumo de los productos de origen animal", el día
10 de agosto del presente año, en las instalaciones del Centro de Educación Continua y a Distancia.

"Amor, Orden y Progreso"
Pachuca de Soto, Hgo., septiembre 2023

Diana Matxalen Hernández Cortés
Directora del Centro de Educación Continua y a Distancia





El ayuntamiento de Acaxochitlán 2021-2024, otorga el presente

RECONOCIMIENTO

A: **M. EN C. LILIANA ORTEGA GONZÁLEZ**

POR SU PARTICIPACIÓN EN

LA 3ER EXPO AGROPECUARIA Y FINANCIERA 2023.

Acaxochitlán, Hidalgo a 27 de Octubre de 2023

T.A. Erik Carbajal Romo
Presidente Municipal Constitucional



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
School of Engineering and Basic Sciences

Mineral de la Reforma, Hgo., a 13 de junio de 2024

Número de control: ICBI-D/820/2024

Asunto: Constancia de asistencia a curso-taller.

A QUIEN CORRESPONDA:

Por medio de la presente se hace constar que la C. Liliana Ortega González asistió al curso taller "Alternativas en biomodelos sobre el estudio de la función cardiovascular" llevado a cabo del 3 al 7 de junio de 2024 en las instalaciones del Instituto de Ciencias de la Salud y Bioterio de esta Universidad.

Se extiende la presente para los fines y efectos a los que haya lugar.

Atentamente
"Amor, Orden y Progreso"

Dr. Otilio Arturo Acevedo Sandoval
Director del ICBI



0AAS/SEPC



Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México, C.P. 42184

Teléfono: 771 71 720 00 Ext. 40001

direccion_icbi@uah.edu.mx,
acevedo@uah.edu.mx

uah.edu.mx

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Otorga la presente

CONSTANCIA

a

Mtra. Liliana Ortega González

Por impartir el taller "Promoción del consumo de carne de conejo como un alimento funcional" en la Galería Número XXXIX del ICAP.

"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"

Tulancingo de Bravo; Hidalgo, 11 de Noviembre de 2024.

Dr. Armando Peláez Acero Director del Instituto de Ciencias Agropecuarias	Dr. Ricardo Omar Navarro Cortez Jefe de Área Académica de la Ingeniería Agroindustrial e Ingeniería en Alimentos	Dra. Beatriz Coutiño Laguna Coordinadora del Programa Educativo de Ingeniería en Alimentos



**La cruzada en el Estado de Hidalgo,
Salvemos al suelo y el agua**

RECONOCEN Y PREMIAN

Su dedicación, esfuerzo y talento al proyecto:

Unidad de producción conucula

Otorgando un **Stand para participar como Expositor en la Expo Agroalimentaria Hidalgo 2024** a realizarse el 13 y 14 de Diciembre en el recinto ferial de Tulancingo, Hgo.

Comité Organizador de la Expo Agroalimentaria Hidalgo 2024

Ing. Victoria Escalona Valencia	M.V.Z. Abraham Salomón Ganado

Tulancingo de Bravo Hgo. 12 de Noviembre 2024



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
A TRAVÉS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE LIBRES
OTORGA LA PRESENTE

CONSTANCIA

A LA

M.C.A. LILIANA ORTEGA GONZÁLEZ

Por impartir el taller denominado "Elaboración de productos cárnicos", en la SEMANA de Ingeniería en Industrias Alimentarias "25 AÑOS GENERANDO CIENCIA EN LOS ALIMENTOS".

Llevado a cabo el día 5 de abril de 2025 con una duración de 8 horas, en reconocimiento a su valiosa contribución al desarrollo académico y profesional en la industria de alimentos.

MTRO. JUAN ANTONIO GONZÁLEZ FUENTES
DIRECCIÓN GENERAL



S.E.P.
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE LIBRES
DIRECCIÓN GENERAL

Libres, Puebla a 5 de abril de 2025

Educación
Secretaría de Educación



POR AMOR PUEBLA *en grande*



Agricultura
Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural



CSAEGRO

EL Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero

Otorga la presente

CONSTANCIA

A la:

M. En C.A. LILIANA ORTEGA GONZÁLEZ

Por la impartición del "Curso - Taller de Elaboración de Productos Cárnicos" en el Taller de Cárnicos del Instituto de Ciencias Agropecuarias (ICAp) de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (AUH) Tulancingo de Bravo, Mex., dirigido a alumnos del 5º semestre del Programa Educativo Ingeniero Agrónomo Zootecnista, del Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del estado de Guerrero, el día 22 de octubre de 2025.

DRA. MARICELA APÉIZ BARRIOS
Encargada de la Dirección del CEP-CSAEGRO



DIRECCIÓN CENTRO DE ESTUDIOS PROFESIONALES

Cocula, Gro., a 22 de septiembre de 2025.

La Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez
Otorga el presente:

RECONOCIMIENTO

A: **M. en C. Liliana Ortega González**

Por su destacada participación como **Ponente** en el marco de la **“Celebración del día del Ingeniero en Alimentos”**, realizado el 29 de octubre de 2025 de manera presencial en las instalaciones de esta Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, dirigido a los alumnos del **Programa Educativo en Ingeniería en Alimentos**.

Mtro. Carlos Lechugá Castelán
 Rector

FOLIO: UTXJ-DAGAL-IPA-1492/2025

Responsable del área: M. Al. Víctor Morales Guzmán.
 Elaboró: Dr. Macario Vicente Flores.
 Revisó: M.C. Azeali Gallardo Sandoval

Xicotepec de Juárez, Pue. a 29 de octubre de 2025.



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
 Instituto de Ciencias Agropecuarias
 Otorga la presente

CONSTANCIA

A

Liliana Ortega González

Por su destacada participación como **ORGANIZADORA** en el taller titulado: **“Difusión de los beneficios de la carne de conejo: Muestra Gastronómica”**, en el marco de la **Galería ICAp Edición 2025** evento de **difusión, divulgación de la ciencia, la tecnología y la cultura**, que integró conferencias, exposiciones, talleres, concursos académicos y expresiones artísticas fomentando en los niños, niñas, jóvenes y público en general actividades de aprendizaje científico y expresión artística.

“AMOR, ORDEN Y PROGRESO”

Tulancingo de Bravo; Hidalgo, 5 de noviembre de 2025.

Dr. Armando Peláez Acero **Dr. Vicente Vega Sánchez**
 Director del Instituto de Ciencias Agropecuarias Secretario académico del Instituto de ciencias agropecuarias





Taller de CUNICULTURA como negocio rentable



El H. Ayuntamiento Municipal de Singuilucan otorga el presente

RECONOCIMIENTO

A: LILIANA ORTEGA GONZÁLEZ

por impartir el taller "Cunicultura como Negocio Rentable", brindando sus conocimientos y experiencia para fomentar el aprendizaje, el desarrollo productivo y el impulso de nuevas oportunidades económicas.

MTRA. Yazmín Dávila López
Presidenta Municipal de Singuilucan
Noviembre de 2025



LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ÁREA ACADÉMICA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
MÓDULO DE ENSEÑANZA INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN CUNICOLA

Otorga la presente

CONSTANCIA

a

Liliana Ortega González

Por haber impartido el Curso-Taller de productos cárnicos de conejo llevado a cabo del 9 al 11 de diciembre de 2025 en el Instituto de Ciencias Agropecuarias

"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"
Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo, a 11 de diciembre de 2025

Dra. Maricela Ayala Martínez
Coordinadora de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Dr. Alfonso Longinos Muñoz Benítez
Jefe del Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Cursos



Dirección de Servicios Académicos | **Dirección de Bioterio**

SE OTORGA LA PRESENTE

CONSTANCIA

A

Liliana Ortega González

POR SU PARTICIPACIÓN EN EL CURSO TEÓRICO PRÁCTICO:
“MANEJO, USO, CUIDADO Y DISEÑO EXPERIMENTAL EN ANIMALES DE LABORATORIO”

REALIZADO EN LAS INSTALACIONES DEL BIOTERIO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO.

Valor curricular 40 horas

San Agustín Tlaxiaca, a 1 de marzo de 2023.



Dr. Héctor Hernández Domínguez
Director del Bioterio.



Dirección General de Servicios Académicos. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.



LA DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD ANIMAL, A TRAVÉS DE LA COMISIÓN MÉXICO – ESTADOS UNIDOS PARA LA PREVENCIÓN DE LA FIEBRE AFTOSA Y OTRAS ENFERMEDADES EXÓTICAS DE LOS ANIMALES, OTORGA LA PRESENTE

CONSTANCIA

A

LILIANA ORTEGA GONZÁLEZ

Por haber concluido satisfactoriamente el curso en línea

CUSANO BARRENADOR DEL GANADO
IDENTIFICACIÓN Y DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL

Acreditando 16 horas de capacitación, obteniendo 10.0 de calificación

26 de marzo de 2023



MVZ MTR. ROBERTO NAVARRO LÓPEZ
DIRECTOR DE LA CPA





INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN SALVADOR ZUBIRÁN

Otorga la presente

CONSTANCIA

Liliana Ortega González

Por su participación como **ASISTENTE** a la plática virtual

**ANÁLISIS DE LA CURVA DE GANANCIA DE PESO MATERNO DURANTE LA
GESTACIÓN EN RATAS WISTAR**

la cual se llevó a cabo el 27 de febrero de 2025 con una duración de 2 horas.

Dra. Mariela G. Contreras Escamilla
Jefa del Departamento de
Investigación Experimental y Bioterio

Dra. María Castañeda Bueno
Coordinador del CICUAL



GOBIERNO DE
MÉXICO

SALUD
COMUNIDAD EN SALUD



INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS
Y NUTRICIÓN SALVADOR ZUBIRÁN

IEB-104-36-A-087-25

incmsz

Colaboraciones académicas



LA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
CHAPINGO



Otorga la presente
CONSTANCIA
a: **BRENDA YANELIS DÍAZ-MARTÍNEZ**

Por su participación como
PONENTE
en la modalidad **Oral** del trabajo titulado

EFFECTO DE LA YACA (*Arto carpus heterophyllus* Lam) SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS DE GALLINAS PONEDORAS

cuyos autores son:
Brenda Yanelis Díaz-Martínez; Liliana Ortega-González; Maricela Ayala-Martínez; Sergio Soto-Simental

Chapingo, Estado de México, del 23 al 26 de abril de 2024.



Dra. Horacio E. Alvarado Raya
Presidente



LA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
CHAPINGO



Otorga la presente
CONSTANCIA
a: **MARITZA MIRANDA-SALGADO**

Por su participación como
PONENTE
en la modalidad **Oral** del trabajo titulado

PARÁMETROS PRODUCTIVOS DE CONEJOS ALIMENTADOS CON CASCARILLA DE CAFÉ DURANTE LA ENGORDA

cuyos autores son:
Maritza Miranda-Salgado; Liliana Ortega González, Sergio Soto-Simental, Maricela Ayala-Martínez

Chapingo, Estado de México, del 23 al 26 de abril de 2024.



Dra. Horacio E. Alvarado Raya
Presidente