

## Avances genéticos y producción cárnica de la raza brahman en Sudamérica

### Genetic advances and meat production of the brahman breed in south America

### Avanços genéticos e produção de carne da raça brahman na américa do sul

Castro Cevallos Annabelle Stephanie<sup>1</sup>

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López

[annabelle.castro.41@espm.edu.ec](mailto:annabelle.castro.41@espm.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0008-9816-5343>



Velázquez Zambrano Edwin Darío<sup>2</sup>

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López

[edwin.velasquez@espm.edu.ec](mailto:edwin.velasquez@espm.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0006-9566-912X>



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/n2/1204>

#### Como citar:

Castro, A., & Velázquez, E. (2025). Avances genéticos y producción cárnica de la raza brahman en Sudamérica. *Código Científico Revista de Investigación*, 6(2), 1093-1118.

Recibido: 03/11/2025

Aceptado: 01/12/2025

Publicado: 31/12/2025

## Resumen

La optimización genética de las producciones bovinas constituye un pilar estratégico para la ganadería sudamericana, no solo por su amplia adaptación a los sistemas tropicales, sino también por su impacto directo en la eficiencia productiva. Este estudio tuvo el objetivo de evaluar el impacto y el potencial del mejoramiento genético para optimizar las características productivas y adaptativas de la raza Brahman en los sistemas de producción de carne de Sudamérica. Se planteó una investigación no experimental, con un enfoque cuali-cuantitativo, alcance descriptivo y sustentada en los métodos analítico, deductivo y documental, la revisión bibliográfica se realizó en repositorios bibliográficos de artículos de alto impacto como Scopus, Taylor y Francis, ScienceDirect, MPDI, PubMed entre otras. Se priorizaron estudios de los últimos 5 años (2020 - 2025) y se realizó una evaluación crítica de la solidez teórica, la coherencia argumentativa y la pertinencia temática de las fuentes seleccionadas, la evidencia recopilada se procesó de forma descriptiva y se desplegó por ejes en un marco conceptual. Los resultados muestran que el mejoramiento genético ha tenido un impacto significativo en la optimización de las características productivas y adaptativas del ganado Brahman. Se evidencia avances en la identificación de genes asociados a crecimiento, calidad de carne y eficiencia alimentaria, junto con marcadores vinculados a termo tolerancia y resistencia parasitaria. Se concluye que el mejoramiento genético no solo potencia los rasgos productivos y la calidad de carne del Brahman, sino que también refuerza su capacidad de adaptación a las condiciones tropicales.

**Palabras Claves:** Mejoramiento genético, producción bovina, calidad cárnica, eficiencia alimentaria.

## Abstract

Genetic optimization of cattle production is a strategic pillar for South American livestock farming, not only because of its wide adaptation to tropical systems, but also because of its direct impact on production efficiency. This study aimed to evaluate the impact and potential of genetic improvement to optimize the productive and adaptive characteristics of the Brahman breed in South American beef production systems. A non-experimental study was proposed, with a qualitative-quantitative approach, descriptive scope, and based on analytical, deductive, and documentary methods. The literature review was conducted in bibliographic repositories of high-impact articles such as Scopus, Taylor and Francis, ScienceDirect, MPDI, PubMed, among others. Studies from the last five years (2020-2025) were prioritized, and a critical evaluation was made of the theoretical soundness, argumentative coherence, and thematic relevance of the selected sources. The evidence collected was processed descriptively and deployed by axes in a conceptual framework. The results show that genetic improvement has had a significant impact on optimizing the productive and adaptive characteristics of Brahman cattle. Advances have been made in identifying genes associated with growth, meat quality, and feed efficiency, along with markers linked to heat tolerance and parasite resistance. It is concluded that genetic improvement not only enhances the productive traits and meat quality of Brahman cattle, but also reinforces their ability to adapt to tropical conditions.

**Keywords:** Genetic improvement, cattle production, meat quality, feed efficiency.

## Resumo

A otimização genética da produção bovina constitui um pilar estratégico para a pecuária sul-americana, não só pela sua ampla adaptação aos sistemas tropicais, mas também pelo seu impacto direto na eficiência produtiva. Este estudo teve como objetivo avaliar o impacto e o potencial do melhoramento genético para otimizar as características produtivas e adaptativas da raça Brahman nos sistemas de produção de carne da América do Sul. Foi proposta uma investigação não experimental, com uma abordagem qualitativa-quantitativa, de âmbito descritivo e baseada em métodos analíticos, dedutivos e documentais. A revisão bibliográfica foi realizada em repositórios bibliográficos de artigos de alto impacto, como Scopus, Taylor e Francis, ScienceDirect, MPDI, PubMed, entre outros. Foram priorizados estudos dos últimos 5 anos (2020-2025) e foi realizada uma avaliação crítica da solidez teórica, da coerência argumentativa e da pertinência temática das fontes selecionadas. As evidências coletadas foram processadas de forma descritiva e dispostas por eixos em um quadro conceptual. Os resultados mostram que o melhoramento genético teve um impacto significativo na otimização das características produtivas e adaptativas do gado Brahman. São evidentes os avanços na identificação de genes associados ao crescimento, qualidade da carne e eficiência alimentar, juntamente com marcadores ligados à tolerância térmica e resistência parasitária. Conclui-se que o melhoramento genético não só potencia as características produtivas e a qualidade da carne do Brahman, mas também reforça a sua capacidade de adaptação às condições tropicais.

**Palavras-chave:** Melhoria genética, produção bovina, qualidade da carne, eficiência alimentar.

## Introducción

La carne bovina es una de las fuentes proteicas animales más completas y de mayor valor biológico, y su producción en Sudamérica representa un sector de alta relevancia económica y social (Baruselli et al., 2024). Además de su aporte significativo al PIB de los países productores, este rubro sostiene la seguridad alimentaria mediante la oferta constante de proteína de alta calidad (Taipe et al., 2022). En este contexto, según Vasconcelos et al. (2019) y Fernández et al. (2020) Sudamérica se caracteriza por la presencia y expansión de razas cárnicas especializadas como Brahman, Angus, Hereford y sus cruzamientos que han sido seleccionadas por su eficiencia en conversión alimenticia, rusticidad y capacidad para producir canales con óptimos parámetros de calidad.

La raza Brahman, originaria de la India, se ha afianzado como una líneas genéticas más relevantes para la ganadería tropical de Sudamérica, esto dado a su elevada resistencia a

enfermedades, tolerancia al estrés calórico y capacidad de aprovechar pasturas de calidad variable (Corredor et al., 2023; Asocebú 2024). Su expansión en países como Colombia, Perú y Uruguay ha permitido mantener la producción de carne bovina en entornos variantes, aportando de manera significativa a la seguridad alimentaria y al desarrollo económico regional (Vasconcelos et al., 2019).

En las últimas décadas, el mejoramiento genético ha emergido como una herramienta esencial para potenciar la producción de carne bovina, al permitir la selección de animales con altos valores genéticos en características clave como la tasa de crecimiento, la eficiencia alimenticia y la calidad de la carne (Vergara et al., 2016; Baruselli et al., 2024). Estas prácticas contribuyen a optimizar los sistemas productivos al acelerar el progreso genético y aumentar la rentabilidad en los rebaños Brahman, especialmente bajo las condiciones particulares de producción en Sudamérica, donde la disponibilidad de recursos y las características del entorno demandan una elevada capacidad de adaptación (Montes et al., 2008; Júnior et al., 2022).

El mejoramiento genético en la raza Brahman no solo aporta beneficios en términos de rendimiento, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental y económica del sector (Engle & Hayes, 2022; Zayas & Mateescu, 2025). La selección de animales con mejores índices de crecimiento y mayor eficiencia en la conversión alimenticia permite disminuir la huella ambiental de la ganadería, al optimizar el uso de los recursos naturales y mejorar la productividad del sistema (Velarde, 2014; Mateescu et al., 2023).

A pesar de los avances en genética bovina, la implementación de programas de mejoramiento que integren de forma efectiva características productivas y adaptativas dentro de un enfoque sostenible continúa siendo un desafío complejo (Jiménez, 2010; Zayas & Mateescu, 2025). La interacción entre factores genéticos, ambientales y económicos dificulta la optimización de estos programas, además, persisten limitaciones relacionadas con la

capacidad de adaptación y la resistencia a enfermedades y al estrés ambiental, elementos que influyen directamente en la productividad de los rebaños Brahman (González, 2019). Asimismo, se evidencia una brecha importante en el conocimiento respecto a la integración de criterios genéticos en los sistemas de producción cárnica de Sudamérica, esta escasez de estudios reduce la comprensión sobre cómo los factores genéticos determinan el rendimiento productivo y la calidad de la carne en las distintas realidades regionales (Baruselli et al., 2024).

Frente a esas implicaciones, este trabajo de revisión tiene como objetivo evaluar el impacto y el potencial del mejoramiento genético para optimizar las características productivas y adaptativas de la raza Brahman en los sistemas de producción de carne de Sudamérica. Específicamente, se analiza a partir de una revisión bibliográfica los parámetros genéticos relacionados con el crecimiento, la eficiencia alimenticia y la calidad de la carne, así como el efecto de diferentes sistemas de cruzamiento sobre la expresión de características deseables en la descendencia. Este análisis busca ofrecer una visión integral de los avances y desafíos en el uso de la genética como pilar de la competitividad y sostenibilidad del sector ganadero en Sudamérica.

La hipótesis planteada sostiene que:

H0: Las innovaciones en mejoramiento genético NO han fortalecido la productividad cárnica del ganado Brahman en Sudamérica; no obstante, su consolidación a largo plazo depende de la articulación de un enfoque multidisciplinario que incorpore aspectos genéticos, nutricionales, sanitarios y ambientales.

H1: las innovaciones en mejoramiento genético han fortalecido la productividad cárnica del ganado Brahman en Sudamérica; no obstante, su consolidación a largo plazo depende de la articulación de un enfoque multidisciplinario que incorpore aspectos genéticos, nutricionales, sanitarios y ambientales.

## Metodología

El estudio adoptó un diseño no experimental de carácter documental, dado que no implicó la manipulación de variables y se basó exclusivamente en la recopilación y análisis de literatura científica, se trabajó con un enfoque mixto, integrando el componente cualitativo y cuantitativo, para interpretar conceptos, procesos, avances genéticos, y parámetros reportados en los estudios evaluados,

El alcance descriptivo se empleó para caracterizar, sintetizar y organizar los hallazgos disponibles sin intervenir experimentalmente, lo que permitió comprender las tendencias y el estado del arte en la genética aplicada a la raza Brahman. Además, el estudio se sustentó en los métodos analítico, deductivo y documental, los cuales guiaron la revisión, interpretación y sistematización de la información científica recopilada.

La revisión narrativa, se orientó a compendiar la evidencia disponible sobre el mejoramiento genético aplicado a la raza Brahman en los sistemas de producción de carne de Sudamérica, la búsqueda bibliográfica se realizó en Scopus, PubMed, Google Académico, SciELO, Redalyc y Semantic Scholar, utilizando combinaciones de palabras clave como: “mejoramiento genético”, “raza Brahman”, “producción cárnea”, “Sudamérica”, “selección genómica”, “cruzamientos”, “eficiencia alimenticia”.

Como criterios de inclusión se consideraron, estudios documentos en español o inglés publicados en los últimos 10 años (2015-2025), investigaciones en Sudamérica que estén enfocados en mejoramiento genético de la raza Brahman para producción cárnea, estudios que reporten parámetros productivos (crecimiento, calidad de carne, eficiencia alimenticia), adaptativos o resultados de cruzamientos. Como criterios de exclusión, se obviaron estudios sobre otras razas (lecheras o cárnicas no Brahman), trabajos centrados exclusivamente en

resistencia a enfermedades o características no vinculadas a la producción de carne, documentos no científicos o sin datos verificables.

En el proceso de selección, se identificaron cerca de 107 documentos, de los cuales 72 cumplieron los criterios de inclusión definidos y fueron finalmente considerados para el desarrollo de la narrativa del estudio. Se excluyeron disertaciones, tesis, informes técnicos, y materiales sin evidencia científica verificable, a fin de asegurar la consistencia científica del análisis. No se aplicó una evaluación metodológica formal; sin embargo, se realizó una revisión crítica centrada en la solidez teórica, la claridad argumentativa y la pertinencia temática de cada fuente.

El conjunto de evidencia fue procesado de forma descriptiva y analítica y organizada en cuatro núcleos temáticos que estructuran la narrativa. En primer lugar, se abordó la caracterización genética y la estructura poblacional del Brahman sudamericano. Luego, se avanzó hacia la selección genómica y la identificación de marcadores moleculares asociados a características cárnicas. Además, se integró la adaptabilidad genética del Brahman a las condiciones climáticas sudamericanas. Posteriormente, se consideró la eficiencia alimenticia residual (RFI) como un indicador determinante para mejorar la rentabilidad en sistemas tropicales y finalmente, se examinó el impacto de la aptitud de cruce del Brahman con razas taurinas.

## **Resultados**

### **Caracterización genética y estructura poblacional del Brahman sudamericano**

La evidencia sostiene que el Brahman sudamericano conserva una diversidad genética relativamente alta, aunque con un incremento ligero en la endogamia y la consanguinidad producto de la selección intensiva y de los esquemas de apareamiento empleados en cada país (González et al., 2022; Corredor et al., 2023; y Cecco et al., 2022). Los análisis multivariados

como PCA, STRUCTURE y ADMIXTURE han sido aplicados para evaluar la estructura genética y la mezcla entre poblaciones, mostrando una diferenciación clara entre Brahman y otras razas, y permitiendo optimizar esquemas de apareamiento para conservar la variabilidad genética (Zayas y Mateescu et al., 2025; y Corredor et al., 2023).

Los estudios genómicos recientes en Brahman sudamericano muestran niveles moderados de consanguinidad, con variaciones según la intensidad de selección y manejo en cada país, lo que impacta la eficiencia reproductiva y la salud poblacional (De Oliveira et al., 2021; y Corredor et al., 2023). Las estimaciones de diferenciación genética mediante FST muestran una estructura poblacional moderada, con valores que indican aislamiento relativo entre núcleos genéticos y también flujos génicos que permiten el intercambio de germoplasma, fundamental para mantener la diversidad genética (De Oliveira et al., 2021; y Corredor et al., 2023; y Mdyogolo et al., 2022).

La integración de análisis multivariados y genómicos facilita la detección de poblaciones aisladas o con alto intercambio genético, apoyando la gestión sostenible del recurso genético Brahman en Sudamérica (Corredor et al., 2023; y Mdyogolo et al., 2022). Además, la secuenciación de genomas completos ha permitido identificar variantes estructurales y genes específicos que contribuyen a la adaptación y resistencia, reforzando la importancia de conservar la diversidad genética para fortalecer la resiliencia de la raza frente a condiciones ambientales y sanitarias cambiantes (Low et al., 2020; y De Oliveira et al., 2021).

La diversidad genética entre poblaciones regionales de Brahman en Sudamérica ofrece oportunidades para crear poblaciones sintéticas o introducir variabilidad controlada con miras a mejorar la respuesta a la selección en ambientes locales (Zayas y Mateescu et al., 2025; y Low et al., 2020). Sin embargo, la heterogeneidad genética entre estas poblaciones dificulta la aplicación uniforme de índices genómicos a nivel continental, ya que la precisión de las

predicciones depende directamente de la estructura genética subyacente y de la representatividad de las poblaciones de referencia (Low et al., 2020; Corredor et al, 2023; y Cecco et al., 2022).

### **Selección genómica y marcadores moleculares asociados a características cárnicas en Brahman**

La variabilidad genética dentro de la raza Brahman presenta un potencial significativo para mejorar los rasgos de calidad de la carne, como la ternura, el veteado y la composición muscular (Rezende et al., 2021). Los estudios de GWAS y secuenciación han identificado múltiples regiones genómicas (QTLs) y variantes funcionales (SNPs, CNVs) asociadas a rasgos cuantitativos como marmoleo, terneza, área de ojo de lomo y espesor de grasa dorsal (Rezende et al, 2022; Wang et al., 2020; Arikawa et al., 2024 y Grigoletto et al., 2024). En el estudio de Husien et al (2024) de GWAS en Brahman identificó 20 loci significativos asociados a dimensiones corporales y crecimiento, implicando genes como BMP5, LCORL, CNTNAP5, LIMCH1 y CNTNAP5, todos relevantes para el desarrollo muscular y características de canal.

Recientes estudios han demostrado estos rasgos están directamente involucrando genes como CAPN1, CAST, FABP4 y LEP, los cuales regulan la miogénesis, el metabolismo energético y la deposición lipídica (Camargo et al., 2024 y Flores, 2024). Los genes CAPN1 y CAST están relacionados con la ternura y la calidad de la carne, las variantes de estos genes se han asociado con la mejora de las características de la carne en el ganado brahmán (Pereira et al., 2022). Así como los genes candidatos PLAG1, SCD1, CAST, CAPN1, y miembros de la familia TRIM han sido asociados a procesos de crecimiento, metabolismo lipídico y desarrollo muscular (Wu et al., 2023 y Liu et al., 2024).

Los genes como PLAG1, SCD1, CAPN1, calpastatina y regiones en los cromosomas 5, 7, 10, 14, 16, 18, 19 y 29 han sido identificados como influyentes en la calidad de carne,

regulando procesos de miogénesis, metabolismo lipídico y proteólisis muscular (Liu et al., 2024; Muniz et al., 2022; Rezende et al., 2022). Es por ello que la identificación de variantes funcionales permite desarrollar marcadores moleculares para selección asistida, incrementando la precisión y velocidad del mejoramiento genético (Wang et al., 2020; Liu et al., 2024 y Wu et al., 2023). En poblaciones como la Brangus (Angus × Brahman), se detectaron QTLs específicos de origen Brahman que influyen positivamente en peso de canal (HCW) y marmoleo (MARB), destacando genes como SGCB, PKHD1L1, GPR179 y MRPL45 (Zayas et al., 2024).

El uso de GBLUP y modelos bayesianos (como BayesR) permite predecir valores genómicos con precisión moderada (0.30–0.43) incluso en ausencia de pedigrí y bajo condiciones de pastoreo extensivo (Hayes et al., 2023 y Warburton et al., 2020). Las evaluaciones multi-raza y multipaís son especialmente beneficiosas para razas como Brahman, donde la información fenotípica y genotípica es limitada (Londoño et al., 2024; Juunior et al., 2025).

La raza Brahman ha mejorado significativamente sus parámetros productivos a través de herramientas genómicas, biotecnologías reproductivas y programas de selección en varias etapas, particularmente en las regiones tropicales de Brasil, Colombia y Ecuador (Junior et al., 2022 y Tade & Melesse, 2023). Las tecnologías complementarias como la edición génica mediante CRISPR/Cas9, la reproducción asistida con semen sexado y embriones seleccionados genómicamente están revolucionando el mejoramiento genético en el ganado Brahman, permitiendo fijar alelos deseables y reducir variantes eliminadas de manera más eficiente que los métodos convencionales (Mueller & Van, 2022; Gim et al., 2021).

## **Adaptabilidad genética del Brahman a condiciones climáticas sudamericanas y su relación con la calidad de la carne**

La raza Brahman presenta una destacada capacidad de adaptación al calor y al parasitismo, resultado de procesos combinados de selección natural y artificial en entornos tropicales (Mateescu et al., 2023; Mateescu et al., 2020; Davila et al., 2021). En este contexto, los avances genéticos logrados en Sudamérica han permitido optimizar tanto los rasgos adaptativos como los indicadores productivos, consolidando el valor estratégico de la raza en zonas tropicales y subtropicales (Larrea, 2023 y De Oliveira et al., 2021). A ello se suma una notable resistencia al calor y condiciones ambientales adversas, atributos que respaldan su sostenibilidad en sistemas ganaderos tropicales (Li et al., 2021)

A nivel fisiológico, el Brahman exhibe adaptaciones clave que mejoran la disipación térmica, tales como, mayor área y longitud de glándulas sudoríparas, menor grosor epidérmico y mayor número de glándulas sebáceas, lo que mejora la disipación térmica y la resistencia al estrés calórico (Mateescu et al., 2023; Mateescu et al., 2020; Davila et al., 2021). Estas ventajas fisiológicas se reflejan en mejoras genéticas sostenidas, ya que la selección en Brahman y sus cruzas ha mostrado progresos significativos en indicadores productivos y de adaptación, fortaleciendo la eficiencia global del sistema (Martins et al., 2024., Van et al., 2023 y Zayas & Mateescu 2025).

Además, la genética aporta adaptabilidad al calor, resistencia a enfermedades y longevidad, lo que es crucial para la eficiencia productiva en regiones cálidas (Mahbubul & Hoque, 2020). El mejoramiento genético en la producción cárnica de la raza Brahman en Latinoamérica, es un avance en la producción animal actual, lo que contribuye al incremento de los niveles productivos y favorece el proceso adaptativo de los métodos de explotación (Pin et al., 2022).

Desde la perspectiva molecular, se han identificado regiones asociadas a la termo tolerancia, como el gen PRLR, y rutas moleculares como MAPK y la señalización estrogénica, que modulan la respuesta metabólica y la homeostasis celular bajo condiciones extremas (Zayas et al., 2025; Zayas y Mateescu, 2025). Además, genes como HSP70, HSP90 y SOD1 desempeñan un papel protector frente a daños inducidos por calor, confirmando la base molecular de la resiliencia fisiológica observada (Zeng et al., 2022)

De forma complementaria, la evidencia reciente subraya el papel de la regulación epigenética en la adaptación del Brahman, estudios en ganado bajo estrés prenatal han demostrado alteraciones persistentes en la metilación del ADN, afectando genes asociados al desarrollo, función inmunitaria y metabolismo, lo que genera modificaciones fenotípicas duraderas (Cilkiz et al., 2020; Baker et al., 2020). Además, se ha observado que la variabilidad en los patrones de metilación es específica de cada tejido y depende tanto del ambiente prenatal como del genotipo, lo que refuerza la importancia de la regulación epigenética en la expresión génica adaptativa (Baker et al., 2023)

La identificación de genes y regiones genómicas asociados a procesos epigenéticos permite diferenciar razas adaptadas a ambientes tropicales, como el Brahman, y abre la puerta a la utilización de biomarcadores epigenéticos para la selección de animales más resilientes y eficientes (McKay et al., 2023). Comprender la interacción entre el EPI genoma y el ambiente es clave para optimizar los programas de mejoramiento genético, especialmente bajo escenarios de cambio climático y estrés ambiental recurrente (Cilkiz et al., 2020; Baker et al., 2020; y Baker et al., 2023)

La caracterización genética regional facilita la identificación y combinación de subpoblaciones con atributos deseables, ampliando la base genética y optimizando la adaptación sin sacrificar productividad (Low et al., 2020; Zayas y Mateescu, 2025; y Mdyogolo

et al., 2022). Además, la integración de información genómica de diferentes poblaciones mejora la precisión de la imputación y la predicción genética, lo que resulta clave para el diseño de estrategias de selección más eficientes y sostenibles en ambientes cambiantes (Júnior et al., 2025; y Zayas y Mateescu, 2025)

El equilibrio entre adaptación y productividad en el mejoramiento del Brahman es alcanzable mediante la integración de información genómica y fenotípica en modelos de selección multtrait, lo que permite identificar animales con alto desempeño bajo estrés térmico sin sacrificar calidad cárnica ni otros atributos productivos (Façanha et al., 2020; y Zayas y Mateescu, 2025). Variantes como las presentes en PLAG1, asociadas con crecimiento y fertilidad, refuerzan la eficacia de estos programas de selección avanzados (Engle y Hayes., 2022).

### **Evaluación de la eficiencia alimenticia residual (RFI) y su impacto en la rentabilidad cárnica del Brahman tropical**

La eficiencia alimenticia residual (RFI) constituye uno de los indicadores más robustos para identificar animales Brahman con mayor eficiencia en el uso del alimento, ya que describe la diferencia entre el consumo real y el consumo esperado para un nivel productivo dado, independientemente del tamaño corporal o la tasa de crecimiento (Rouquette et al., 2023). De acuerdo con estudios recientes, la variación en RFI está modulada por interacciones entre genética, microbioma ruminal y metabolismo del nitrógeno (Silva, 2023; Parra et al., 2022; y Carmona et al., 2020). Los animales con bajo RFI presentan menor consumo de alimento, pero mantienen ganancias de peso y calidad de canal similares a los de mayor RFI, lo que se traduce en menores costos de producción y mayor rentabilidad diaria (Rouquette et al., 2023; y Machado et al 2024).

La selección por RFI en Brahman tropical puede aumentar la rentabilidad cárnica al reducir los costos de alimentación sin comprometer la calidad del producto final, siempre que se controle el entorno nutricional (Parra et al., 2022). Este proceso ha sido facilitado por la incorporación de tecnologías de monitoreo automatizado, como comederos electrónicos equipados con sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID), así como etiquetas inteligentes con acelerómetros capaces de registrar la frecuencia y duración del consumo individual (Luke et al 2024; y Simanungkalit et al., 2022).

De manera complementaria, la literatura reciente destaca que la integración de sensores iniciales, sistemas de visión por computadora y sistemas IoT está revolucionando la gestión ganadera, permitiendo un monitoreo continuo y automatizado que mejora la eficiencia operativa y la toma de decisiones en tiempo real (Kavitha et al., 2025; Besler et al., 2024; y Ojo et al., 2024). La relación entre genética, eficiencia alimentaria y mitigación de gases de efecto invernadero representa una línea estratégica para la ganadería tropical, ya que la selección de animales con mejor RFI puede contribuir a una producción más sostenible y climáticamente inteligente (Badman et al., 2025; y Sakamoto et al., 2021).

Por otra parte, la evidencia acumulada en poblaciones Brahman indica que el RFI posee variabilidad genética suficiente para sostener respuestas favorables a la selección, sin incrementar el uso de recursos naturales ni comprometer otros rasgos productivos (Silva, 2023; y Silva et al., 2022). En consecuencia, la incorporación de criterios de eficiencia ambiental en los índices de selección representa una vía estratégica para fortalecer la sostenibilidad de la ganadería tropical sudamericana, integrando productividad, rentabilidad y mitigación de impactos climáticos (Badman et al., 2025; y Sakamoto et al., 2021).

## **Impacto de la aptitud de cruce del Brahman con razas taurinas sobre la composición y el valor nutricional de la carne**

La heterosis generada en los cruzamientos entre Brahman y razas taurinas como Angus, Hereford o Senepol ha demostrado mejoras consistentes en tasa de crecimiento, eficiencia alimentaria y calidad sensorial de la carne, superando los parámetros observados en animales puros (Engle et al., 2025; y Hartatik et al., 2020).

Estos beneficios incluyen incrementos en terneza, jugosidad y aceptación del consumidor, atributos que consolidan el valor comercial de los híbridos F1 (Schatz et al., 2020; Riera et al., 2022; y Sigala et al., 2021). El desempeño superior en parámetros sensoriales y de rendimiento de canal de los híbridos F1 se atribuye a la complementariedad genética entre Brahman y razas taurinas, aunque la expresión de los rasgos deseables depende también del manejo post-mortem y de la alimentación (Schatz et al., 2020; Low et al., 2020; y Crum et al., 2021).

Los cruzamientos Brahman × taurinos se consolidan como una estrategia eficaz para aumentar el valor agregado de la carne bovina sudamericana (Van et al., 2021; Vanvanhossou et al., 2025; Riera et al., 2022 y Schatz et al., 2022). Sin embargo, para lograr un equilibrio óptimo, se recomienda el uso de evaluaciones genómicas y fenotípicas que permitan definir proporciones genéticas adecuadas y anticipar los resultados productivos bajo diferentes condiciones ambientales (Zayas et al., 2022; Goli et al., 2025; y Low et al., 2020).

En términos nutricionales, la carne proveniente de cruces Brahman × taurinos ofrece un perfil nutricional equilibrado que combina la rusticidad y adaptabilidad del Brahman con la calidad y terneza propias de razas taurinas, lo que la hace competitiva en mercados internacionales exigentes (Schatz et al., 2020; y Schatz et al., 2022). Además, la composición

lipídica, especialmente el perfil de ácidos grasos, y las propiedades físico-químicas de la carne permiten diferenciarla y certificar su origen (Bressan et al., 2020).

La aptitud de cruce entre razas adaptadas a ambientes tropicales y razas taurinas se proyecta como una vía sólida para incrementar la competitividad regional, generando carne con atributos superiores y adecuada para sistemas productivos intensificados (Zayas y Mateescu et al., 2025; Zayas et al., 2024). En conjunto, estos avances genómicos y productivos respaldan la expansión de estos cruzamientos en mercados globales que valoran la calidad, sostenibilidad y trazabilidad de la carne bovina (Schatz et al., 2022; Bressan et al., 2020; y Zayas y Mateescu et al., 2025).

## **Discusión**

La evidencia revisada mostró que la población de bovinos Brahman en Sudamérica han conservado niveles moderados de diversidad genética, sin embargo, estudios como los de Corredor et al. (2023) y De Oliveira et al. (2021) reportan incrementos puntuales de consanguinidad asociados al uso intensivo de reproductores dentro de núcleos cerrados. Estos patrones, corroborados por análisis de estructura poblacional basados en PCA y ADMIXTURE, han evidenciado la existencia de subestructuras regionales y grados variables de mezcla, lo cual sugirió que la representatividad del germoplasma no fue homogénea entre países ni sistemas productivos (Mdyogolo et al., 2022; Zayas & Mateescu, 2025). La variabilidad genética ha constituido el fundamento para interpretar

En cuanto a la selección genómica, los estudios examinados coinciden en la identificación de genes candidatos con efectos relevantes sobre la calidad de carne en Brahman, destacando CAPN1 y CAST por su relación con la terneza, así como PLAG1 y SCD1 por su influencia en crecimiento y perfil lipídico (Rezende et al., 2022; Liu et al., 2024). La ampliación de paneles genómicos específicos ha permitido mejorar la precisión de las predicciones

genómicas en poblaciones Brahman, aunque esta precisión continuó dependiendo de la calidad y representatividad de las poblaciones de referencia (Hayes et al., 2023). Aunque se han identificado genes clave asociados a la calidad de carne y se han mejorado los paneles genómicos para Brahman, la precisión de la selección genómica aún depende fuertemente de contar con poblaciones robustas y representativas

Se determina que la capacidad del Brahman para adaptarse al clima sudamericano se basa en una combinación de respuestas fisiológicas y moleculares que le permiten enfrentar el calor de manera eficiente, en particular, se ha documentado una mayor expresión de proteínas de choque térmico, la activación de rutas celulares como MAPK y ajustes epigenéticos asociados al estrés temprano, los cuales explican su estabilidad productiva en ambientes con altas temperaturas y elevada carga parasitaria. (Zeng et al., 2022; Mateescu et al., 2023; Baker et al., 2023).

Estas observaciones indicaron que la adaptación no se limitó a variantes estructurales, sino que integró procesos reguladores de amplia plasticidad, con efectos indirectos sobre atributos de calidad de la carne. No obstante, la mayoría de estudios se centraron en descripciones fisiológicas o moleculares aisladas, lo que limitó la posibilidad de establecer vínculos causales robustos entre adaptación y características productivas.

En cuanto a la eficiencia alimenticia residual (RFI), la literatura coincidió en que la selección por menor consumo sin afectar la ganancia de peso ni las características de canal, representó una estrategia viable en poblaciones Brahman tropicales (Parra et al., 2022; Martins et al., 2024). Ademas, los cruzamientos entre Brahman y razas taurinas aportaron evidencia sólida acerca del efecto de heterosis en la mejora de la terneza, el marmoleo y la aceptación sensorial de la carne (Schatz et al., 2020; Riera et al., 2022). Sin embargo, la eficacia de los programas de cruce se mantuvo dependiente del manejo, de la proporción genética utilizada y

de la consistencia de los protocolos post - faena, factores que condicionaron la extrapolación de resultados a diferentes sistemas sudamericanos.

En general, la evidencia sugiere que el Brahman sudamericano posee un alto potencial para mejorar simultáneamente adaptabilidad, eficiencia y calidad cárnea mediante el uso integrado de herramientas genómicas, reproductivas y de manejo, no obstante, estos progresos requieren de una mayor estandarización, validación regional y una mayor articulación para transcribirse en mejoras sostenibles y trazables dentro de los sistemas cárnicos tropicales.

## **Conclusiones**

A partir de la evidencia sintetizada en esta revisión, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), dado que los estudios evaluados demuestran que las innovaciones en mejoramiento genético han fortalecido la productividad cárnea del ganado Brahman en Sudamérica; no obstante, su consolidación a largo plazo depende de la articulación de un enfoque multidisciplinario que incorpore aspectos genéticos, nutricionales, sanitarios y ambientales.

En función del objetivo planteado, la evidencia científica analizada confirma que el mejoramiento genético contribuye de manera decisiva al fortalecimiento y la competitividad de la raza Brahman, su caracterización genética y su estructura poblacional evidencian un acervo genético suficientemente amplio para el desarrollo de líneas con mayor eficiencia productiva y capacidad adaptativa, especialmente bajo condiciones climáticas tropicales.

Finalmente, los estudios coinciden en que la adaptabilidad fisiológica del Brahman y su respuesta favorable a herramientas modernas de selección lo posicionan como un biotipo clave dentro de la ganadería sudamericana. Asimismo, la evidencia sostiene que dicha adaptabilidad no solo favorece a su desempeño en ambientes exigentes, sino que se traduce en

mejoras directas en la calidad de la carne, especialmente en escenarios donde otros biotipos presentan limitaciones.

## Referencias bibliográficas

- Arikawa, L., Mota, L., Schmidt, P., Frezarim, G., Fonseca, L., Magalhães, A., Silva, D. A., Carvalheiro, R., Chardulo, L., & De Albuquerque, L. G. (2023). Genome-wide scans identify biological and metabolic pathways regulating carcass and meat quality traits in beef cattle. *Meat Science*, 209, 109402. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109402>
- Badhan, A., Wang, Y., Terry, S., Gruninger, R., Guan, L., & McAllister, T. (2025). Invited review: Interplay of rumen microbiome and the cattle host in modulating feed efficiency and methane emissions. *Journal of Dairy Science*, 108(6), 5489–5501. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-26063>
- Baker, E., Cilkiz, K., Riggs, P., Littlejohn, B., Long, C., Welsh, T., Randel, R., & Riley, D. (2020). Effect of prenatal transportation stress on DNA methylation in Brahman heifers. *Livestock Science*, 240, 104116. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104116>
- Baker, E., San, A., Cilkiz, K., Littlejohn, P., Cardoso, C., Ghaffari, N., Long, C., Riggs, K., Randel, D., Welsh, T., & Riley, G. (2023). Inter-Individual Variation in DNA Methylation Patterns across Two Tissues and Leukocytes in Mature Brahman Cattle. *Biology*, 12(2), 252. <https://doi.org/10.3390/biology12020252>
- Baruselli, P. S., Abreu, L. A., Menchaca, A., & Bó, G. A. (2024). The future of beef production in South America. *Theriogenology*, 231, 21-28. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2024.10.004>
- Besler, B., Mojabi, P., Lasemiimeni, Z., Murphy, E., Wang, Z., Baker, R., Pearson, J., & Fear, E. (2024). Scoping review of precision technologies for cattle monitoring. *Smart Agricultural Technology*, 9, 100596. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100596>
- Bressan, C., Rodrigues, C., Rossato, V., Neto, I., Alves, P., Bessa, J., & Gama, T. (2020). Discrimination of Meat Produced by Bos taurus and Bos indicus Finished under an Intensive or Extensive System. *Animals*, 10(10), 1737. <https://doi.org/10.3390/ani10101737>
- Camargo, A., Montes, D., & Pérez, A. (2024). Marcadores moleculares y genes asociados a calidad de carne en el ganado bovino. *Revista Colombiana De Ciencia Animal - RECIA*, 16(1), e1071. <https://doi.org/10.24188/recia.v16.n1.2024.1071>
- Carmona, P., Costa, D., & Silva, L. (2020). Feed efficiency and nitrogen use rankings of Bos indicus steers differ on low and high protein diets. *Animal Feed Science and Technology*, 263, 114493. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114493>
- Cocco, P., Muñoz, A., Balbi, M., Bonamy, M., Munilla, S., Forneris, N., García, P., Cantet, R., Giovambattista, G., & Fernández, M. (2022). Exploración de todo el genoma en busca

de firmas de selección en el genoma del ganado Brangus. Revista de genética y cría de animales, 139 (6), 679–694. <https://doi.org/10.1111/jbg.12733>

Cilkiz, K., Baker, E., Riggs, P., Littlejohn, B., Long, C., Welsh, H., Randel, D., & Riley, G. (2020). Genome-wide DNA methylation alteration in prenatally stressed Brahman heifer calves with the advancement of age. *Epigenetics*, 16(5), 519–536. <https://doi.org/10.1080/15592294.2020.1805694>

Corredor, F., Figueroa, D., Estrada, R., Salazar, W., Quilcate, C., Vásquez, H. V., Gonzales, J., Maicelo, J. L., Medina, P., & Arbizu, C. I. (2023). Genetic diversity and population structure of a Peruvian cattle herd using SNP data. *Frontiers In Genetics*, 14, 1073843. <https://doi.org/10.3389/fgene.2023.1073843>

Crum, E., Schnabel, D., Decker, E., & Taylor, F. (2021). Taurine and indicine haplotype representation in advanced generation individuals from three American breeds. *Frontiers in Genetics*, 12. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.758394>

Davila, K., Hamblen, H., Dikmen, S., Hansen, P., Thrift, T., & Mateescu, R. (2021). Incorporating brahman genetics in the cow herd to alleviate heat stress. *EDIS*, 2021(6). <https://doi.org/10.32473/edis-an366-2021>

De Oliveira, A., Duarte, N., Rola, L., Bernardes, P., Neto, G., Lôbo, R., Munari, D., & Buzanskas, M. (2021). Genetic evaluation for reproductive and productive traits in Brahman cattle. *Theriogenology*, 173, 261–268. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.08.008>

Engle, B. N., & Hayes, B. J. (2022). Genetic variation in PLAG1 is associated with early fertility in Australian Brahman cattle. *Journal Of Animal Science*, 100(4). <https://doi.org/10.1093/jas/skac084>

Engle, N., Thallman, M., Snelling, M., Wheeler, L., Shackelford, D., King, A., & Kuehn, A. (2025). Breed-specific heterosis for growth and carcass traits in 18 U.S. cattle breeds. *Journal of Animal Science*, 103. <https://doi.org/10.1093/jas/skaf048>

Façanha, E., Leite, M., Sousa, R., Ferreira, B., Costa, P., Valente, J., & Asensio, B. (2020). Phenotypic selection of Brahman bulls: Adaptive typification for breeding programs. *Journal of Thermal Biology*, 93, 102736. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102736>

Fernández, P. D., Kuemmerle, T., Baumann, M., Grau, H. R., Nasca, J. A., Radrizzani, A., & Gasparri, N. I. (2020). Understanding the distribution of cattle production systems in the South American Chaco. *Journal Of Land Use Science*, 15(1), 52-68. <https://doi.org/10.1080/1747423x.2020.1720843>

Flores, C. (2024). Avances en la genética del ganado bovino y las tendencias de investigación actual. *Horizon Nexus Journal.*, 2(1), 31–45. <https://doi.org/10.70881/hnj/v2/n1/32>

Gim, G., Kwon, D., Eom, K., Moon, J., Park, J., Lee, W., Jung, D., Kim, D., Yi, J., Ha, J., Lim,

K., Kim, J., & Jang, G. (2021). Production of MSTN-mutated cattle without exogenous gene integration using CRISPR-Cas9. *Biotechnology Journal*, 17(7), e2100198. <https://doi.org/10.1002/biot.202100198>

Goli, C., Chishi, G., Mahar, K., Ganguly, I., Singh, S., Dixit, P., Sruthi, S., Choudhary, S., Diwakar, V., Rathi, P., Chinnareddyvari, S., Dige, M., Metta, M., Kumar, A., Aderao, N., Sukhija, N., & Kanaka, K. (2025). Genome wide locus-specific ancestry analysis revealed adaptive admixtures in crossbred cattle of India. *Scientific Reports*, 15(1), 17069. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-01971-7>

González, A., González, F., Crudeli, G., Bermejo, J., Vallejo, M., & Quirino, C. (2022). Process of Introduction of Australian Braford cattle to South America: Configuration of population structure and genetic diversity Evolution. *Animals*, 12(3), 275. <https://doi.org/10.3390/ani12030275>

Grigoletto, L., Ferraz, J., Oliveira, H., Eler, J., Bussiman, F., Silva, B., Baldi, F., & Brito, L. (2020). Genetic architecture of carcass and meat quality traits in Montana Tropical® Composite Beef cattle. *Frontiers in Genetics*, 11. <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.00123>

Hartatik, T., Bintara, S., Ismaya, I., Panjono, P., Widyobroto, P., Agus, A., Budisatria, I. S., & Leroy, P. (2020). Single nucleotide Polymorphism of Sex Determining Region-Y gene coding sequences in Belgian blue bull and wagyu Bull crossbred cattle. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 478(1), 012020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/478/1/012020>

Hayes, B., Copley, J., Dodd, E., Ross, E., Speight, S., & Fordyce, G. (2023). Multi-breed genomic evaluation for tropical beef cattle when no pedigree information is available. *Genetics Selection Evolution*, 55(1), 71. <https://doi.org/10.1186/s12711-023-00847-6>

Husien, H., Saleh, A., Hassanine, N., Rashad, A., Sharaby, M., Mohamed, A., Abdelhalim, H., Hafez, E., Essa, M., Adam, S., Chen, N., & Wang, M. (2024). The evolution and Role of molecular tools in Measuring diversity and genomic selection in livestock Populations (Traditional and Up-to-Date Insights): A Comprehensive Exploration. *Veterinary Sciences*, 11(12), 627. <https://doi.org/10.3390/vetsci11120627>

Jiménez, A., Manrique, C., & Martínez, C. A. (2010). Parámetros y valores genéticos para características de composición corporal, área de ojo del lomo y grasa dorsal medidos mediante ultrasonido en la raza Brahman. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 57(III), 178-190. <https://www.redalyc.org/pdf/4076/407639225004.pdf>

Júnior, G., Silva, D. A., Mota, L. F. M., De Melo, T. P., Fonseca, L. F. S., Silva, D. B. D. S., Carvalheiro, R., & Albuquerque, L. G. (2022). Sustainable intensification of beef production in the Tropics: The role of genetically improving sexual precocity of heifers. *Animals*, 12(2), 174. <https://doi.org/10.3390/ani12020174>

Júnior, G., Costilla, R., Carvalheiro, R., Hayes, B., Ross, E., Oliveira, H., & Albuquerque, L.

- (2025). Improving imputation accuracy across tropically adapted beef cattle: an application for Brahman and Nellore using whole-genome sequencing data. *Animal*, 19(9), 101601. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2025.101601>
- Kavitha, V., Kumaresan, T., Kumar, T., Jhoshika, T., DivyaBharathi, N., & Karthikeyan, C. (2025). Secure Digital Communication: Embedding and IoT-based Intelligent Cattle Feeding Monitoring Systems. 5.a Conferencia Internacional Sobre Computación Ubicua Y Redes Sociales (ICPCSN), 878–883. <https://doi.org/10.1109/icpcsn65854.2025.11035292>
- Larrea, C. (2023). Tendencia genética en bovinos de aptitud cárnea en la hacienda La Victoria, provincia del Guayas. *La Técnica Revista De Las Agrociencias ISSN 2477-8982*, 13(2). <https://doi.org/10.33936/latecnica.v13i2.5939>
- Li, C., Liu, Q., Welborn, M., Wang, L., Li, Y., Deng, B., McMillin, K., & Fu, X. (2021). PSIV-6 Differential gene expression of fibro/adipogenic progenitors between Wagyu and Brahman cattle: A possible contribution to their different meat quality. *Journal of Animal Science*, 99(Supplement\_3), 301. <https://doi.org/10.1093/jas/skab235.553>
- Liu, R., Fang, X., Lu, X., Liu, Y., Li, Y., Bai, X., Ding, X., & Yang, R. (2024). Polymorphisms of the SCD1 Gene and Its Association Analysis with Carcass, Meat Quality, Adipogenic Traits, Fatty Acid Composition, and Milk Production Traits in Cattle. *Animals*, 14(12), 1759. <https://doi.org/10.3390/ani14121759>
- Londoño, M., López, R., Aguilar, I., Magnabosco, C., Hidalgo, J., Bussiman, F., Baldi, F., & Lourenco, D. (2024). Strategies for genomic predictions of an indicine multi-breed population using single-step GBLUP. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 142(1), 43–56. <https://doi.org/10.1111/jbg.12882>
- Low, W., Tearle, R., Liu, R., Koren, S., Rhie, A., Bickhart, M., Rosen, D., Kronenberg, N., Kingan, B., Tseng, E., Thibaud, F., Martin, J., Billis, K., Ghurye, J., Hastie, R., Lee, J., Pang, C., Heaton, P., Phillippe, M., . . . Williams, L. (2020). Haplotype-resolved genomes provide insights into structural variation and gene content in Angus and Brahman cattle. *Nature Communications*, 11(1), 2071. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15848-y>
- Luke, M., Burgess, J., & Gonzalez, L. (2024). 266 Breed differences in feeding behavior measured by two remote monitoring technologies in feedlot steers. *Journal of Animal Science*, 102(Supplement\_3), 90–91. <https://doi.org/10.1093/jas/skae234.103>
- Mahbubul, M., & Hoque, M. (2020). Effect of non-genetic factors on growth performance of Brahman crossbred cattle of Bangladesh. *Fundamental and Applied Agriculture*, 0, 1. <https://doi.org/10.5455/faa.113271>
- Martins, T., Rocha, C., Driver, J., Rae, O., Elzo, M., Mateescu, R., Santos, J., & Binelli, M. (2024). Influence of proportion of Brahman genetics on productivity of Brahman–Angus cows at weaning. *Translational Animal Science*, 8, txae093. <https://doi.org/10.1093/tas/txae093>

- Mateescu, R., Davila, K., Hernandez, A., Andrade, A., Zayas, G., Rodriguez, E., Dikmen, S., & Oltenacu, P. A. (2023). Impact of Brahman genetics on skin histology characteristics with implications for heat tolerance in cattle. *Frontiers in Genetics*, 14, 1107468. <https://doi.org/10.3389/fgene.2023.1107468>
- Mateescu, R., Sarlo, K., Dikmen, S., Rodriguez, E., & Oltenacu, P. (2020). The effect of Brahman genes on body temperature plasticity of heifers on pasture under heat stress. *Journal of Animal Science*, 98(5). <https://doi.org/10.1093/jas/skaa126>
- McKay, S., Murdoch, B., & Hagen, E. (2023). 53 Establishing a Pan-Epigenome for cattle and sheep. *Journal of Animal Science*, 101(Supplement\_3), 48–49. <https://doi.org/10.1093/jas/skad281.059>
- Mdyogolo, S., MacNeil, M., Neser, F., Scholtz, M., & Makgahlela, M. (2022). 409. Differentiated genomic regions in the Afrikaner and Brahman cattle of South Africa reveal parallel adaptive mechanisms. Conferencia: Congreso Mundial De Genética Aplicada a La Producción Ganadera Autores. 1705–1708. [https://doi.org/10.3920/978-90-8686-940-4\\_409](https://doi.org/10.3920/978-90-8686-940-4_409)
- Montes, D., Vergara, O., Prieto, E., & Rodríguez, A. (2008). Estimación de los parámetros genéticos para el peso al nacer y al destete en ganado bovino de la raza brahman. *Revista Mvz Córdoba*, 13(1). <https://doi.org/10.21897/rmvz.409>
- Mueller, M., & Van, A. (2022). Synergistic power of genomic selection, assisted reproductive technologies, and gene editing to drive genetic improvement of cattle. *CABI Agriculture and Bioscience*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s43170-022-00080-z>
- Muniz, M., Fonseca, L., Scalez, D., Vega, A., Silva, D., Ferro, J., Chardulo, A., Baldi, F., Cánovas, A., & De Albuquerque, L. (2022). Characterization of novel lncRNA muscle expression profiles associated with meat quality in beef cattle. *Evolutionary Applications*, 15(4), 706–718. <https://doi.org/10.1111/eva.13365>
- Ojo, A., Mulim, H., Campos, G., Junqueira, V., Lemenager, R., Schoonmaker, J., & Oliveira, R. (2024). Exploring feed efficiency in beef cattle: From data collection to genetic and nutritional modeling. *Animals*, 14(24), 3633. <https://doi.org/10.3390/ani14243633>
- Parra, M., Costa, D., Meale, S., & Silva, L. (2022). Rumen bacteria and feed efficiency of beef cattle fed diets with different protein content. *Animal Production Science*, 62(11), 1029–1039. <https://doi.org/10.1071/an21508>
- Pereira, J., Falomir, A., Loza, A., Villega, E., Rojas, P., Carino, M., Hoyos, R., Rogberg, A., & Giovambattista, G. (2022). Genetic diversity of Calpain 1 gene in Creole, Nellore and Brahman bovine breeds in Bolivia. *Archivos Latinoamericanos De Producción Animal*, 30(2), 121–132. <https://doi.org/10.53588/alpa.300206>
- Pin, M., Zambrano, J., & Marini, P. (2022). Gestión de la información para el mejoramiento genético en la producción cárnica de la raza Brahman en Latinoamérica. *Serie Científica De La Universidad De Las Ciencias Informáticas*, 15(4), 132-146.

<https://publicaciones.uci.cu/index.php/serie/article/view/1065>

- Rezende, F., Rodriguez, E., Leal, J., Elzo, M., Johnson, D., Carr, C., & Mateescu, R. (2022). 388. Pleiotropic effects on carcass and meat quality traits in crossbred beef cattle. Conference: World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 1618–1621. [https://doi.org/10.3920/978-90-8686-940-4\\_388](https://doi.org/10.3920/978-90-8686-940-4_388)
- Rezende, F., Rodriguez, E., Leal, J., Elzo, M., Johnson, D., Carr, C., & Mateescu, R. (2021). Genomic approaches reveal pleiotropic effects in crossbred beef cattle. *Frontiers in Genetics*, 12, 627055. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.627055>
- Riera, T., Uerta, H., Rodas, A., Zubillaga, A., & Timaure, J. (2022). Assessing the impact of Bos taurus x Bos indicus crossbreeding and postmortem technologies on the eating quality of loins from pasturefinished young bulls. *Archivos Latinoamericanos De Producción Animal*, 30(3), 263–273. <https://doi.org/10.53588/alpa.300310>
- Riley, D. (2019). 37 Genetic aspects of livestock adaptation. *Journal of Animal Science*, 97(Supplement\_3), 35. <https://doi.org/10.1093/jas/skz258.069>
- Rojas, L., Patiño, L., Herrera, A., & Zuluaga, J. (2017). Variabilidad genética en seis SNPs de los genes CAPN1, CAST y LEP de toros brahman en ganaderías del trópico bajo colombiano. *CES Medicina Veterinaria Y Zootecnia*, 12(2), 88–102. <https://doi.org/10.21615/cesmvz.12.2.2>
- Rouquette, F., Randel, R., Paschal, J., Machado, T., Long, C., & Riley, D. (2023). Relationships of residual feed intake and residual average daily gain with carcass traits and growth of Brahman steers. *Applied Animal Science*, 39(3), 178–185. <https://doi.org/10.15232/aas.2022-02372>
- Sakamoto, L., Souza, L., Gianvecchio, S., De Oliveira, M., De Vasconcelos, I., Canesin., Branco, H., Baccan, M., Berndt, A., De Albuquerque, L., & Mercadante, M. (2021). Phenotypic association among performance, feed efficiency and methane emission traits in Nellore cattle. *PLoS ONE*, 16(10), e0257964. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257964>
- Schatz, T., Hearnden, M., & Wheeler, J. (2022). Crossbreeding with a tropically adapted Bos taurus breed (Senepol) to improve meat quality and production from Brahman herds in northern Australia. 2. Female performance. *Animal Production Science*, 62(13), 1219–1228. <https://doi.org/10.1071/an21499>
- Schatz, T., Thomas, S., Reed, S., & Hearnden, M. (2020). Crossbreeding with a tropically adapted Bos taurus breed (Senepol) to improve meat quality and production from Brahman herds in Northern Australia. 1. Steer performance. *Animal Production Science*, 60(4), 487–491. <https://doi.org/10.1071/an18609>
- Sigala, R., Leidenz, H., Timaure, J., Gonzalez, R., Vela, O., & Moya, A. (2021). Preliminary observations on carcass traits and meat yield of five types of Brahman-influenced grass-fed bulls. *Archivos Latinoamericanos De Producción Animal*, 29(1–2), 67–77.

<https://doi.org/10.53588/alpa.291208>

Silva, L. (2023). Understanding variation in residual feed intake of brahman steers fed two different diets. *Journal of Animal Science*, 101(Supplement\_3), 281–282. <https://doi.org/10.1093/jas/skad281.337>

Silva, L., Hegarty, R., Meale, S., Costa, D. y Fletcher, M. (2022). Uso de la abundancia natural de isótopos de nitrógeno para identificar ganado con mayor eficiencia en dietas con limitación de proteínas. *Animal*, 16, 100551. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100551>

Simanungkalit, G., Clay, J., Barwick, J., Cowley, F., Dawson, B., Dobos, R., & Hegarty, R. (2022). Validation of automatic systems for monitoring the licking behaviour in Angus and Brahman cattle. *Applied Animal Behaviour Science*, 247, 105543. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2022.105543>

Tade, B., & Melesse, A. (2023). Opportunities of Genomic Selection in the Improvement of dairy cattle productivity: a review. *Advances in Life Science and Technology*. <https://doi.org/10.7176/alst/98-02>

Taipe, M., Guambi, L., Solorzano, J., Hidrovo, C., Tito, Z., De la Cueva, F., & Méndez, J. (2022). Realidades de la ganadería bovina en la provincia de Manabí. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(4), 311-338. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i4.2588](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2588)

Van, A., Hlongwane, N., Hadebe, K., Chan, W., Van, A., De Vos, L., Greyling, B., Kooverjee, B., Soma, P., Dzomba, F., Bradfield, M., & Muchadeyi, C. (2021). Breed ancestry, divergence, admixture, and selection patterns of the Simbra crossbreed. *Frontiers in Genetics*, 11, 608650. <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.608650>

Van, P., Dung, V., Son, P., Lap, D., & Tiem, P. (2023). Effects of Brahman genetic resource proportion on growth performance traits of beef crossbreds in Western Highlands of Vietnam. *Agriculture and Natural Resources*, 57(4). <https://doi.org/10.34044/j.anres.2023.57.4.12>

Vanvanhossou, U., Yin, T., Gorjanc, G., & König, S. (2025). Evaluation of crossbreeding strategies for improved adaptation and productivity in African smallholder cattle farms. *Genetics Selection Evolution*, 57(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s12711-025-00952-8>

Vasconcelos, J. L. M., Cooke, R. F., Meneghetti, M., Claro, I., Junior, Peres, R., Rodrigues, A., Aono, F., Costa, W., & Filho, O. S. (2019). 41 Reproductive management of beef females in South America. *Journal Of Animal Science*, 97(Supplement\_3), 32-33. <https://doi.org/10.1093/jas/skz258.064>

Velarde, J. L. (2020). Mejoramiento genético en animales domésticos (2<sup>a</sup> ed.). Editorial Macro

Vergara O, Hernández K, Navarro A, Almanza R, Rugeles C y Martínez, A. (2016). Parámetros genéticos y tendencias genéticas para características pre destete en una población de

ganado Brahman en Colombia. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 28(44). <http://www.lrrd.org/lrrd28/3/verg28044.html>

Wang, Y., Zhang, F., Mukabi, R., Chen, L., Vinsky, M., Plastow, G., Basarab, J., Stothard, P., & Li, C. (2020). Genetic architecture of quantitative traits in beef cattle revealed by genome wide association studies of imputed whole genome sequence variants: II: carcass merit traits. *BMC Genomics*, 21(1), 38. <https://doi.org/10.1186/s12864-019-6273-1>

Warburton, C., Engle, B., Ross, E., Costilla, R., Moore, S., Corbet, N., Allen, J., Laing, A., Fordyce, G., Lyons, R., McGowan, M., Burns, B., & Hayes, B. (2020). Use of whole-genome sequence data and novel genomic selection strategies to improve selection for age at puberty in tropically-adapted beef heifers. *Genetics Selection Evolution*, 52(1), 28. <https://doi.org/10.1186/s12711-020-00547-5>

Wu, J., Wu, T., Xie, X., Niu, Q., Zhao, Z., Zhu, B., Chen, Y., Zhang, L., Gao, X., Niu, X., Gao, H., Li, J., & Xu, L. (2023). Genetic Association Analysis of copy number variations for meat quality in beef cattle. *Foods*, 12(21), 3986. <https://doi.org/10.3390/foods12213986>

Zayas, A., Rojas, S., Hernandez, A., Rodriguez, E., Beard, A., Rafiq, F., Davila, S., & Mateescu, R. (2024). PSV-19 Uncovering breed-origin allele effects and their role in thermotolerance through genome-wide association study in Brangus cattle. *Journal of Animal Science*, 102(Supplement\_3), 518–519. <https://doi.org/10.1093/jas/skae234.584>

Zayas, G. A., & Mateescu, R. G. (2025). Genomic signatures of selection in Brangus cattle revealing the genetic foundations of adaptability and production traits using a breed of origin approach. *Frontiers In Animal Science*, 5. <https://doi.org/10.3389/fanim.2024.1450639>

Zayas, G., Rodriguez, E., Hernandez, A., Rezende, F., & Mateescu, R. (2024). Breed of origin analysis in genome-wide association studies: enhancing SNP-based insights into production traits in a commercial Brangus population. *BMC Genomics*, 25(1), 654. <https://doi.org/10.1186/s12864-024-10465-1>

Zeng, L., Qu, K., Zhang, J., Huang, B., & Lei, C. (2022). Genes related to heat tolerance in cattle—a review. *Animal Biotechnology*, 34(5), 1840–1848. <https://doi.org/10.1080/10495398.2022.2047995>