



Original

Repetibilidad de la producción de leche en grupos genéticos Gyr × Holstein bajo condiciones tropicales

Repeatability of milk production in Gyr × Holstein genetic groups under tropical conditions

Kirtvin A. Mojica Vigil *, Reggie Guerra Montenegro *, Aníbal Sánchez *, Alberto Menéndez-Buxadera **

* Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Zootecnia, Panamá.

**Consultor Independiente.

Correspondencia: kirtvin.mojica@up.ac.pa

Recibido: Julio, 2025; Aceptado: Agosto, 2025; Publicado: Septiembre, 2025.

RESUMEN

Antecedentes: El cambio climático ha intensificado el estrés térmico y reducido la productividad forrajera, afectando la producción lechera en el trópico. En Panamá, el uso de razas como Gyr y sus cruces con Holstein busca obtener un biotipo más resistente y eficiente. **Objetivo.** Determinar la repetibilidad de la producción de leche en grupos genéticos Gyr × Holstein bajo condiciones tropicales. **Métodos:** La unidad de producción se ubica en el Distrito de Cañazas, Provincia de Veraguas, Panamá. Se analizaron 2,642 registros semanales de producción de leche de 62 vacas Gyr x Holstein, paridas entre agosto de 2020 y diciembre de 2024. Se eliminaron lactancias superiores a 365 días y los datos fueron expresados en valores semanales. Se aplicó un modelo lineal generalizado de medidas repetidas con efectos del año-mes de parto, número de partos y un efecto aleatorio de la vaca mediante un polinomio de Legendre de orden 2. **Resultados:** La producción de leche siguió una curva típica, alcanzando su máximo entre las semanas 7 y 8 antes de declinar. La repetibilidad de la producción a lo largo de la lactancia varió entre 0.690 y 0.710. Se observó una alta correlación entre controles adyacentes ($r \approx 0.85$), indicando buena precisión para identificar los mejores y peores animales. **Conclusiones:** Las variaciones del mérito productivo (MP) entre animales, con una amplitud superior a 2000 kg de leche en 305 días de lactancia, reflejan un buen desempeño de los cruces Gyr x Holstein, constituyendo una opción de interés económico para los criadores.

Palabras clave: correlación, mérito productivo, producción de leche, selección (*Fuente:* AGROVOC).

Como citar (APA) Mojica Vigil, KA, Guerra Montenegro, R., Sánchez, A., & Menéndez-Buxadera, A. (2025). Repetibilidad de la producción de leche en grupos genéticos Gyr × Holstein bajo condiciones tropicales, 37. <https://apm.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e187>



©El (los) autor (es), Revista de Producción Animal 2020. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Attribution-NonCommercial 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), asumida por las colecciones de revistas científicas de acceso abierto, según lo recomendado por la Declaración de Budapest, la que puede consultarse en: Budapest Open Access Initiative's definition of Open Access.

ISSN 2224-7920

ABSTRACT

Background: Climate change has increased heat stress and reduced forage productivity in tropical regions, negatively impacting dairy production. In Panama, the use of Gyr cattle and its crosses with Holstein aims to develop more resilient and efficient biotypes. **Objective.** To determine the repeatability of milk production in Gyr × Holstein genetic groups under tropical conditions. **Methods:** The production unit is located in the District of Cañazas, Province of Veraguas, Panama. A total of 2,642 weekly milk production records from 62 Gyr x Holstein cows calved between August 2020, and December 2024 were analyzed. Lactations longer than 365 days were excluded, and the data were expressed in weekly values. A generalized linear repeated measures model was applied, including fixed effects of year-month of calving and parity number, and a random cow effect modeled using a second-order Legendre polynomial. **Results:** Milk production followed a typical curve, peaking between weeks 7 and 8 before declining. The repeatability of production throughout lactation ranged from 0.690 to 0.710. A high correlation was observed between adjacent test-day records ($r \approx 0.85$), indicating good precision for identifying the best and worst-performing animals. **Conclusions:** Variations in productive merit (PM) among animals, with a range exceeding 2000 kg of milk in 305-day lactations, reflect strong performance of Gyr x Holstein crosses, representing an economically attractive option for dairy farmers.

Keywords: Correlation, productive merit, milk yield, selection (Source: AGROVOC)

INTRODUCCIÓN

Los ganaderos y productores de leche en regiones tropicales enfrentan crecientes desafíos debido al cambio climático, tales como el aumento del estrés térmico y la sequía. Estos factores disminuyen la productividad de los pastizales, reducen la disponibilidad de alimentos nutritivos y elevan los costos energéticos para la alimentación del ganado. Además, las altas temperaturas disminuyen el rendimiento animal y favorecen la proliferación de parásitos y patógenos, comprometiendo la eficiencia de los sistemas de producción (Ortiz *et al.*, 2018).

En este contexto, la ganadería lechera necesita estrategias para seleccionar animales que mantengan una producción eficiente sin comprometer su capacidad reproductiva en condiciones de calor extremo (Vinet *et al.*, 2024). Brito *et al.* (2021) sugieren que preservar la diversidad genética y utilizar razas adaptadas localmente es una estrategia más sostenible que implementar programas de mejoramiento basados en razas de climas templados. Estudios recientes muestran que la raza Holstein en Panamá conserva variabilidad genética para la producción de leche y la tolerancia al calor (Guerra Montenegro *et al.*, 2019), y que la heterosis en cruces con *Bos indicus* mejora rasgos reproductivos claves (Vargas-Leitón *et al.*, 2024). En este sentido, el coeficiente de repetibilidad, descrito por Falconer y Mackay (1996), constituye una medida fundamental, permitiendo conocer qué tan consistente es el rendimiento de un animal a lo largo de distintas lactancias. Además, ofrece una primera aproximación del potencial genético de cada individuo, al explicar las diferencias entre el comportamiento de los animales debido a diferencias genéticas aditivas y no aditivas, así como de ambiente permanente respecto a la variación total. No se debe interpretar como un parámetro

genético, aunque puede ser de mucha utilidad como herramienta auxiliar para los criadores (Guerra y Menéndez Buxadera, 2020).

En Panamá, los grupos genéticos Gyr x Holstein han despertado un creciente interés debido a su buen desempeño en condiciones tropicales. Sin embargo, aún existen pocas investigaciones que analicen de forma detallada su productividad lechera y el impacto del cruzamiento sobre los parámetros productivos y reproductivos. Además, la trazabilidad genealógica en muchos rebaños es limitada, lo que dificulta evaluaciones precisas.

Ante esta necesidad, el presente estudio tiene como objetivo estimar la repetibilidad de la producción de leche en grupos genéticos Gyr x Holstein bajo condiciones tropicales, con el fin de aportar información clave que oriente la selección y el mejoramiento genético en los sistemas de producción de Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización:

La unidad de producción donde se desarrolló el presente estudio está ubicada en el Distrito de Cañazas, provincia de Veraguas, República de Panamá, específicamente en las coordenadas geográficas 8.3177° latitud norte y -81.1718° longitud oeste. El sitio se encuentra a una altitud de 174 metros sobre el nivel del mar y se caracteriza por un clima tropical húmedo. Las condiciones microclimáticas promedio del área incluyen una temperatura diaria cercana a los 27 °C y una humedad relativa promedio del 80 %.

Animales- manejo:

El hato estaba conformado por hembras bovinas provenientes del cruce Gyr por Holstein, su alimentación es a base de pasturas como: *Urochloa decumbens*, *Urochloa humidicola* y *Urochloa brizantha* cv. Marandú. Las vacas recibieron durante el ordeño suplementación de alimento concentrado al 18% de proteína cruda (PC) por vaca que oscila entre los dos a tres kg según su producción. Se realizaron dos ordeños diarios, empleando ordeño mecanizado y las producciones de leche fueron obtenidas a partir del quinto día de producción después del parto.

Base de Datos:

La información recopilada de los registros de lactancias fue obtenida del programa DelPro Farm Manager (DeLaval, 2024). Toda esta información se unificó en una hoja de Excel, para crear un archivo de datos que contiene el número de identificación de los animales, fecha de nacimiento, fechas de partos, edad al parto en meses, composición racial, número de lactancias, días en lactancia, producción total de leche y ajustada a 305 días.

Análisis estadístico:

Para este estudio, finalmente se dispuso de 2642 registros periódicos test- day (TD) de 62 vacas Gyr cruzada con Holstein, paridas entre agosto del 2020 a diciembre de 2024. Se eliminaron

registros TD correspondientes a lactancias mayores a 365 días. Los datos restantes fueron expresados en valores semanales (dim7), lo que permitió una mejor distribución. Se empleó un modelo lineal generalizado de medidas repetidas mediante el software Echidna Gilmour, A.R (2021) en el cual fueron incluidos los efectos de la interacción año-mes de parto (45 niveles), número de partos (3 clases) y un efecto aleatorio debido a vaca (62 animales), su modelo matemático es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + P_j + C_k + e_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} : Producción semanal de leche observada para la vaca l, en el mes-año de parto i, número de parto j, y semana de lactancia k.

μ : Media general.

A_i : Efecto fijo de la interacción año-mes de parto (con 45 niveles).

P_j : Efecto fijo del número de partos (3 clases).

C_k : Efecto aleatorio de la vaca (62 animales), modelado con un polinomio de Legendre de orden 2.

e_{ijkl} : Error aleatorio asociado a cada observación.

La evolución de los dim7 a lo largo de la lactancia se modeló mediante un polinomio de Legendre de orden 2. La estimación de Repetibilidad (Rep) se llevó a cabo mediante formula clásica:

$$Rep = \frac{\sigma^2_{vaca}}{\sigma^2_{vaca} + \sigma^2_{residual}}$$

donde el numerador es el estimado de la varianza entre vacas, que incluye efectos genéticos permanentes y efectos ambientales permanentes y en el denominador se le adiciona la varianza residual del modelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los efectos incorporados en el modelo resultaron altamente significativos ($p < 0,001$), lo que confirma la importante influencia de estos factores en la variación de la producción de leche. Las constantes mínimo-cuadráticas del efecto de dim7 sobre la producción de leche se muestra en la figura 1, manifestándose la forma típica de la lactancia con valores máximos a las 7 a 8 semanas de duración y después declina paulatinamente.

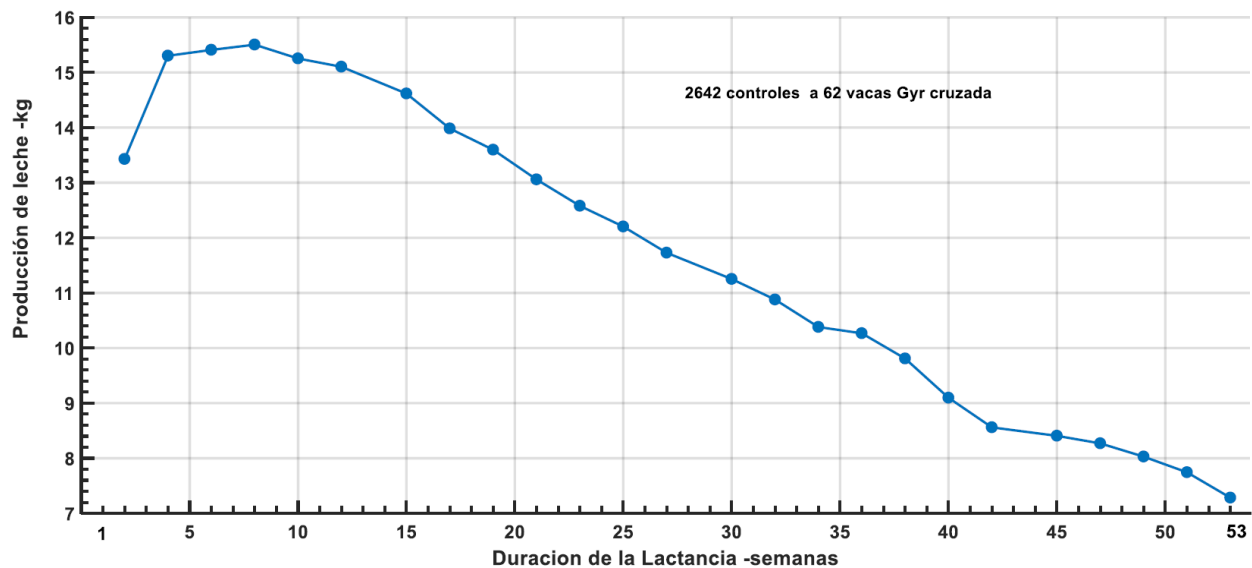


Figura 1. Curva de lactancia de animales Gyr x Holstein.

Los coeficientes de repetibilidad estimados durante la lactancia fluctuaron entre 0.690 y 0.710, como se muestra en la línea azul de la figura 2. Estudios previos han reportado coeficientes de repetibilidad de 0.56 para producción de leche en vacas de doble propósito en Venezuela (Bastidas *et al.*, 2019); de 0.51 y 0.76 en vacas de la raza Gyr lechero en Brasil (Balieiro *et al.*, 2000; Napolis *et al.*, 2005; Pereira *et al.*, 2021) de 0.577 ± 0.02 , 0.675 ± 0.02 y 0.628 ± 0.01 en animales cruzados de Brown Swiss, Jersey y Holstein puro en Panamá, respectivamente (Guerra y Menéndez Buxadera, 2020).

El estimado del mérito productivo (MP) es una función de la desviación de cada animal respecto a los efectos incorporados en el modelo y los coeficientes del polinomio de legendre ponderado por el nivel de repetibilidad del rasgo. Los coeficientes de repetibilidad obtenidos (véase Figura 2) indican una precisión adecuada en la estimación del mérito productivo (MP) de los animales, lo cual facilita la toma de decisiones respecto al retiro de vacas basándose en sus registros iniciales de producción de leche. Es importante destacar que este proceso no implica selección genética, sino una evaluación individual basada en el desempeño productivo expresado a lo largo de la trayectoria de la lactancia y que los valores de repetibilidad sugieren que la heredabilidad podría alcanzar niveles moderados a altos, dado que la repetibilidad al incluir tanto la influencia genética como la ambiental, constituye un valor igual o mayor que el de la heredabilidad (Falconer y Mackay, 1996). Esto indica que, con bases de datos más extensas y registros genealógicos completos, sería posible implementar modelos genéticos que optimicen la selección y el mejoramiento de los rebaños en condiciones tropicales.

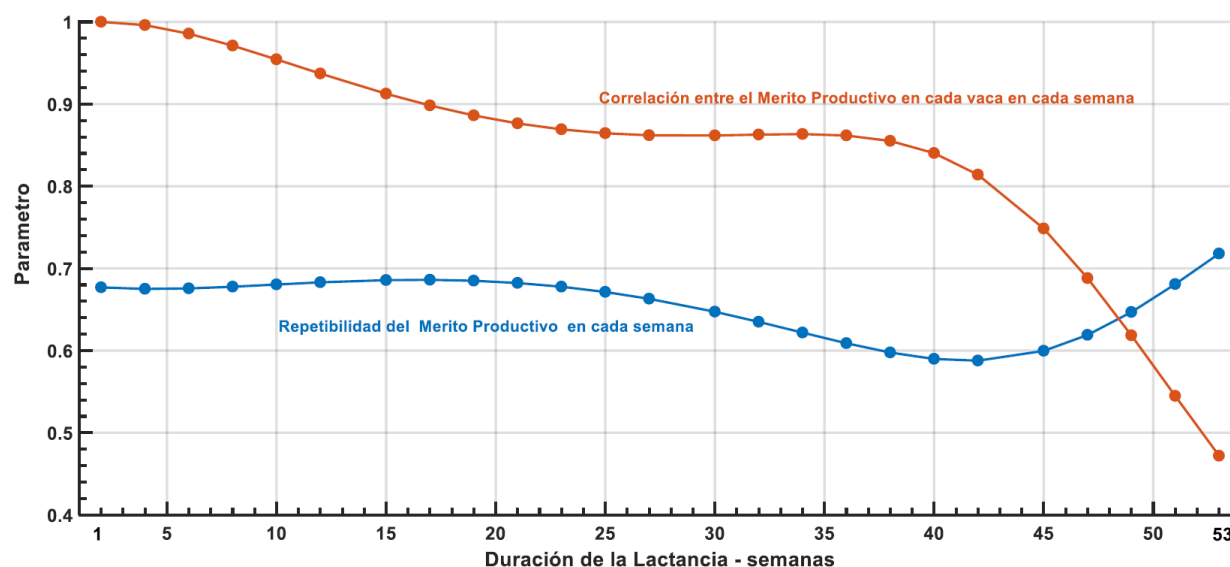


Figura 2. Estimado de Repetibilidad de la producción de leche y correlación entre el primer control y cada uno de los posteriores.

Se observó una alta correlación ($r \approx 0,85$) entre el primer control y los registros subsecuentes, señalando que la producción inicial puede predecir con buena precisión el desempeño productivo futuro de los animales. Sin embargo, el coeficiente de repetibilidad, que refleja la consistencia de la producción de una semana a otra, muestra un descenso gradual a partir de la semana 25. Esto sugiere que, aunque la producción inicial es un buen indicador del desempeño general, la persistencia de la lactancia tiende a disminuir hacia el final del segundo tercio, reduciendo la capacidad predictiva en las etapas finales (Figura 2).

La Figura 2 también permite inferir que existen muy pocos cambios en la forma de la curva de producción a lo largo de la lactancia. En este contexto, un análisis de componentes principales de la matriz de correlaciones facilita la interpretación de estos patrones, cuyos resultados se presentan en la Figura 3.

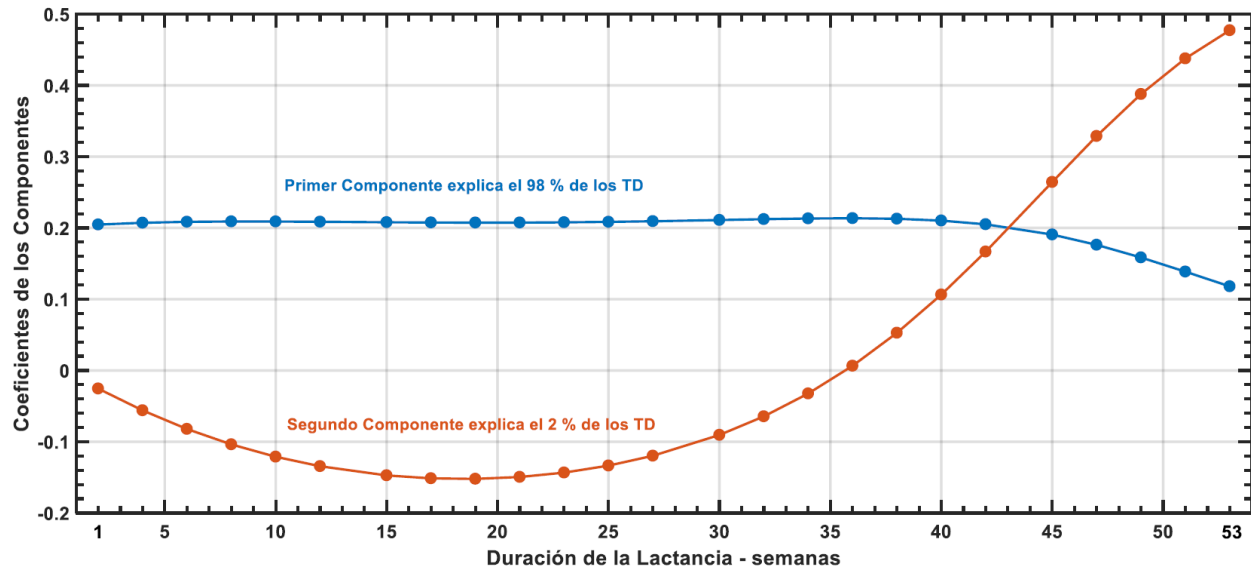


Figura 3. Evolución del primer y segundo componente principal de la matriz de correlaciones entre todos los TD.

Las tendencias muestran claramente que el 98 % de las variaciones están contenidos en el primer componente principal de manera que los animales representados en la muestra estudiada presentan una excelente persistencia y unas pocas variaciones después de los 315 días de lactancia. Al respecto, Pereira *et al.* (2021), reportaron que la correlación entre el valor de cría para el nivel de producción inicial y el valor de cría para la persistencia es de ($r = 0.57$), lo que indica cierta relación entre ambas características. Sin embargo, esta relación no es perfecta, ya que la correlación del coeficiente de regresión lineal con la producción en distintos días de prueba varió entre -0.07 y 0.38, lo que sugiere que este parámetro tiene una influencia limitada sobre la persistencia de la lactancia y la producción total en el día de la prueba (TD).

La baja influencia de la persistencia de la lactancia sobre la cantidad total de leche producida en el día de la prueba podría explicar la importante variabilidad observada en la muestra estudiada, como se evidencia en la Figura 4.

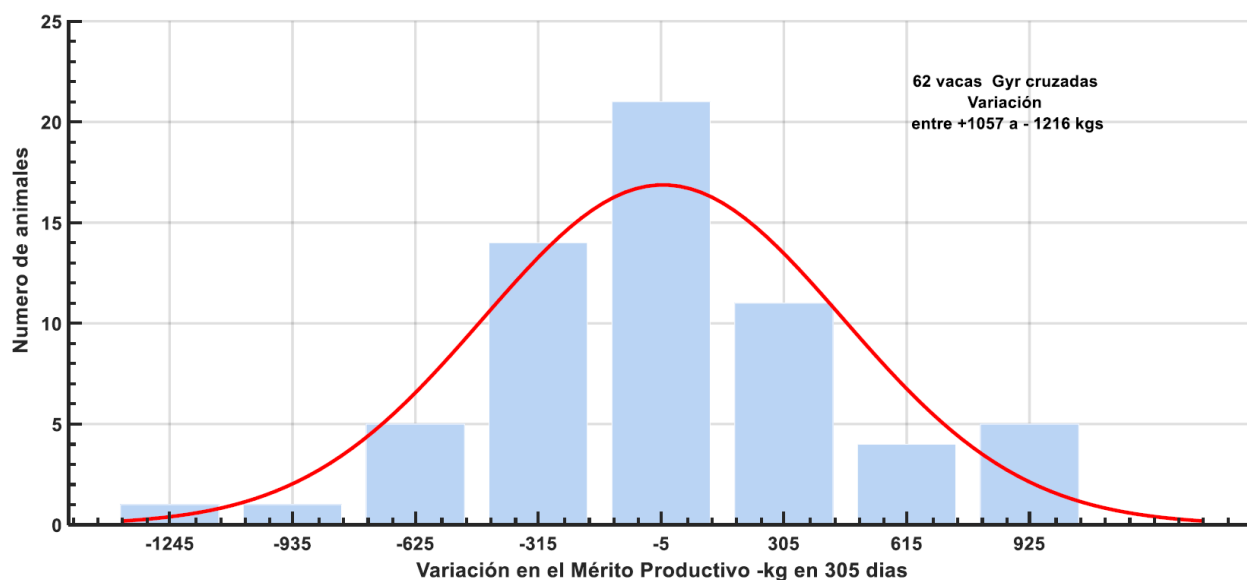


Figura 4. Variación en Mérito Productivo a 305 días de lactancia.

Al respecto, Pereira *et al.* (2012), reportaron correlaciones genéticas cercanas a cero entre la persistencia y la producción ajustada a 305 días en vacas Gyr, lo que indica que estos rasgos pueden variar de forma independiente. Este mismo autor sugiere que la persistencia debe calcularse a partir de la desviación del rendimiento después del día 30, ya que esta medida mostró una heredabilidad entre 0.10 y 0.25. Resultados similares fueron obtenidos por (Pereira *et al.*, 2019 y Silva *et al.*, 2023) quienes concluyeron que la persistencia debe analizarse como un rasgo propio más que como un derivado de la producción total.

CONCLUSIONES

Aun cuando es un análisis preliminar, los resultados del coeficiente de repetibilidad ($r \approx 0.690-0.710$) indican un comportamiento consistente de la producción de leche en los grupos genéticos Gyr × Holstein, lo que los posiciona como una alternativa de alto interés económico para los productores de la provincia.

La amplitud observada en la producción total de leche (MP), con diferencias superiores a 2,000 kg en 305 días de lactancia, evidencia la existencia de una variabilidad productiva considerable entre los animales. Además, el nivel de repetibilidad estimado sugiere que el rendimiento en la primera lactancia puede considerarse un buen predictor del comportamiento productivo en lactancias posteriores.

Finalmente, se recomienda ampliar la base de datos y realizar un análisis más profundo que permita estimar los componentes genéticos y ambientales involucrados, con el fin de generar

Mojica Vigil, K.A., Guerra Montenegro, R., Sánchez, A., Menéndez-Buxadera, A.

parámetros más robustos para la selección y mejoramiento genético de los rebaños en condiciones tropicales.

REFERENCIAS

- Bastidas, R., Torres, A., Gómez, M., Seijas, C., Martínez, G., & Pérez, G. (2019). La producción de leche de un rebaño doble propósito. *Gaceta de Ciencias Veterinarias*, 24(2), 2-9. <https://revistas.uclave.org/index.php/gcv/article/view/3288>
- Balieiro, E. S., Pereira, J. C. C., Valente, J., Verneque, R. S., Balieiro, J. C. C., & Ferreira, W. J. (2000). Estimativas de parâmetros genéticos e de tendências fenotípica, genética e de ambiente de algumas características produtivas da raça Gir Leiteiro. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 52(3), 266-275. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352000000300017>
- Brito, L. F., Bedere, N., Douhard, F., Oliveira, H. R., Arnal, M., Peñagaricano, F., Schinckel, A. P., Baes, C. F., & Miglior, F. (2021). Review: Genetic selection of high-yielding dairy cattle toward sustainable farming systems in a rapidly changing world. *Animal*, 15. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100292>
- DeLaval. (2024). *DelPro Farm Manager: Software de gestión ganadera*. DeLaval International AB. <https://www.delaval.com>
- Falconer, D., & Mackay, T. (1996). *Introduction to quantitative genetics* (4th ed.). Pearson Prentice Hall. <https://ia803204.us.archive.org/2/items/introductiontoq00falc/introductiontoq00falc.pdf>
- Gilmour, A.R. (2021). Echidna Mixed Model Software. <http://www.echidnamms.org>
- Guerra Montenegro, R., Menéndez-Buxadera, A., & Hernández-Rodríguez, A. (2019). Influencia de factores ambientales en la producción de leche de dos rebaños Holstein en la cuenca lechera de Chiriquí. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, 2(1), 18-33. https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias/article/view/1063
- Guerra, R., & Menéndez-Buxadera, A. (2020). Análisis comparativo de la repetibilidad para producción de leche en ganado Holstein puro o cruzado con Brown Swiss y Jersey en la cuenca lechera de Chiriquí. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, 3(1). <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/222/2221956002/index.html>
- Napolis, C., Rodrigues de Melo, C., Crivelari, C., Ferreira de Freitas, A., Packer, I., & de Araújo Cobuci, J. (2005). Parâmetros genéticos para a produção de leite de controles individuais de vacas da raça Gir estimados com modelos de repetibilidade e regressão aleatória. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(5), 1519-1530. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000500012>
- Ortiz, G., Stephen F., Parés, I., Curbelo, J., Jiménez, E., Pagán, M., & Gould, W. (2018). Assessing climate vulnerabilities and adaptive strategies for resilient beef and dairy

- operations in the tropics. *Climatic Change*, 146(1-2), 47-58.
<https://doi.org/10.1007/s10584-017-2110-1>
- Pereira, M., Faro, L., Savegnago, R., Costa, E., Filho, A., & Faria, C. (2021). Estimates of genetic parameters and cluster analysis of the lactation curve of dairy Gyr cattle. *Livestock Science*, 244. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104337>
- Pereira, R., Rocha, D., Santana, M., El Faro, L., Vercesi, A., & Galvão, L. (2019). Test-day or 305-day milk yield for genetic evaluation of Gir cattle. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 54. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.00325>
- Pereira, R., Verneque, R., Lopes, P., Santana, L., Lagrotta, M., Torres, R., Vercesi Filho, A., & Machado, M. (2012). Milk yield persistency in Brazilian Gyr cattle based on a random regression model. *Genetics and Molecular Research*, 11(2), 1599-1609.
<https://doi.org/10.4238/2012.June.15.9>
- Silva, N., Dos Santos, D., Demesntshuk, J., Araújo, J., & Veiga, E. (2023). Genetic parameters and genetic trends for production traits in dairy Gir cattle. *Ciência Rural*, 53(11).
<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210541>
- Vargas-Leitón, B., Romero-Zúñiga, J., Rojas, J., Galina, C., & Martínez, J. (2024). Lifetime milk production of Holstein cattle in the humid tropics compared to Holstein-Gyr and Holstein-Brahman crosses. *Reproduction in Domestic Animals*, 59(5).
<https://doi.org/10.1111/rda.14582>
- Vinet, A., Mattalia, S., Vallée, R., Bertrand, C., Barbat, A., Promp, J., Cuyabano, B., & Boichard, D. (2024). Effect of temperature-humidity index on the evolution of trade-offs between fertility and production in dairy cattle. *Genetics Selection Evolution*, 56(1).
<https://doi.org/10.1186/s12711-024-00889-4>

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Concepción y diseño de la investigación: KAMV, RGGM; análisis e interpretación de los datos: KAMV, AS, AMB; redacción del artículo: KAMV, AMB, RGGM.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.