

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

TRABAJO DE GRADO

**EVALUACIÓN LINEAL EN VACAS LECHERAS Y EL USO DE ANÁLISIS
MULTIVARIADOS APLICADO EN LA SELECCIÓN FENOTÍPICA**

PRESENTADO POR:

DADIELIS MARIETH BARTUANO MENDOZA

8-983-1393

ASESOR:

ING. HECTOR D. CEDEÑO V. M.Sc.

CIUDAD DE PANAMÁ, PANAMÁ

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2026

**EVALUACIÓN LINEAL EN VACAS LECHERAS Y EL USO DE ANÁLISIS
MULTIVARIADOS APLICADO EN LA SELECCIÓN FENOTÍPICA**

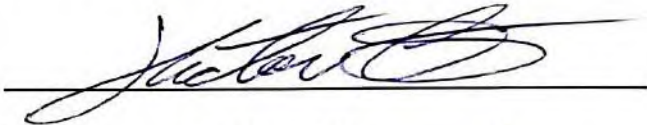
**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA.**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS**

**PERMISO DE PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEBE
SER OBTENIDO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

APROBADO

ING. HÉCTOR D. CEDEÑO V. M.Sc.



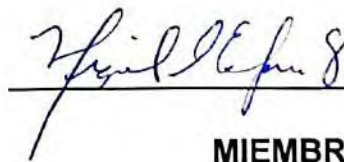
ASESOR

ING. ROBERTO R. SAAVEDRA F. M.Sc.



MIEMBRO

ING. MIGUEL I. ESPINOSA G. M.Sc.



MIEMBRO

**PANAMÁ, PANAMÁ
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

2026

AGRADECIMIENTO

Agradezco Dios y a la Virgen Santa Librada, por ser mi guía y fortaleza inquebrantable. Gracias a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá, por la formación brindada en la Licenciatura en Ingeniero Agrónomo Zootecnista durante el periodo académico 2021-2026.

A mi hija, Dadielis Nicole, el motor de mi vida y mi mayor inspiración. Tu amor fue la fuerza que me impulsó a superar cada obstáculo y a esforzarme cada día para construir un mejor futuro para ti. Este logro es, ante todo, por y para ti.

A mis padres, Dalis Mendoza y Javier Bartuano y mi abuelo Encarnacion Bartuano, por su apoyo incondicional, su confianza y sus sacrificios. Gracias por ser los pilares que sostuvieron mis sueños y por enseñarme el valor de la perseverancia. A mis hermanos, Dalis Bartuano y Víctor Moreno, por su compañía constante, su motivación y por celebrar conmigo cada etapa superada durante estos años de estudio.

También agradezco a mi hermana, amiga y colega, Angelica Avila, por su lealtad y apoyo sincero en los momentos de mayor desafío. Gracias por caminar a mi lado y brindarme tu amistad durante la etapa más difícil de esta formación profesional. Gracias al Ing. José Domínguez, por tu apoyo constante, por las horas de estudio y por creer en mi capacidad incluso en los momentos de mayor cansancio.

Eternamente agradecida con el Prof. Ing. Héctor Cedeño, por su invaluable guía y dirección en esta investigación; gracias a los miembros, el Prof. Ing. Miguel Espinosa y el Prof. Ing. Roberto Saavedra, quienes con su dedicación, paciencia y conocimiento contribuyeron significativamente a la culminación de este estudio.

Un agradecimiento especial a la Finca Los Mangos, por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de utilizar sus instalaciones y animales.

A todos los que, de una u otra forma, contribuyeron a alcanzar esta meta, no tienen idea de cuanto los amo. ¡Gracias de todo corazón!

DEDICATORIA

Dedico este triunfo profesional primeramente a Dios, por ser mi guía y fortaleza en todo momento durante el periodo 2021-2026; a mi amada hija, Dadielis Nicole, por ser el motor de mi vida, mi mayor inspiración y la razón principal de cada uno de mis esfuerzos; a mis padres, Dalis Mendoza y Javier Bartuano, por su apoyo incondicional, sus sacrificios y por creer en mí desde el primer día; y a mis hermanos, Dalis Bartuano y Víctor Moreno, por su compañía y motivación constante, haciendo de este sueño una realidad compartida.

Este logro es fruto del apoyo incondicional de quienes me dieron las fuerzas para perseverar en mi camino profesional. De igual manera, pongo este estudio a disposición de todo aquel que desee utilizarlo como referencia académica o herramienta para profundizar en sus conocimientos.

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE TÍTULO	i
PÁGINA DE APROBACIÓN	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN	15
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES	16
1.1. Planteamiento del problema a investigar	16
1.2. Justificación	16
1.3. OBJETIVOS.....	18
1.3.1. Objetivo General	18
1.3.2. Objetivos Específicos	18
1.4. Hipótesis	18
1.4.1. Hipótesis Alternativa (Ha):.....	18
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	19
2.1. Importancia de la selección fenotípica en vacas lecheras	19
2.2. Razas lecheras y cruzamientos	19
2.2.1. Raza Holstein	19
2.2.2. Raza Gyr.....	20
2.2.3. Cruzamientos.....	20
2.3. Evaluación general del animal	21
2.3.1. Estructura lechera.....	21
2.3.2. Sistema mamario	21
2.3.3. Patas y pezuñas	21
2.4. Relación de los rasgos morfológicos de tipo y la producción de leche.....	21

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1. Área del Estudio.....	23
3.2. Animales y Sistema de Producción.....	23
3.3. Método de evaluación morfológica y calificación lineal.	23
Diseño y análisis estadístico	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1 Perímetro Torácico (PT)	30
4.2 Tren Anterior y Capacidad	31
4.3 Alzada de cruz (AC).....	33
4.4 Alzada a la grupa (ALG)	34
4.5 Anchura de pecho (AP).....	35
4.6 Profundidad corporal (PC)	36
4.8 Angulo de grupa (AG)	39
4.9 Fortaleza lechera	40
4.10 Angulosidad (ANGU)	41
4.11 Calidad de hueso (CH)	43
4.12 Patas y pezuñas	44
4.13 Patas traseras vista posterior (PTVP).....	45
4.14 Patas traseras vista lateral (PTVL)	47
4.15 Movilidad (MOV)	48
4.16 Ubre	49
4.17 Inserción anterior de la ubre (IAU)	50
4.18 Inserción posterior de la ubre (IPU)	51
4.19 Ligamento suspensor medio (LSM)	52
4.20 Anchura de la inserción posterior de la ubre (AIPU)	53
4.21 Profundidad de la ubre (PU)	54
4.22 Colocación de pezones (CP)	55
4.23 Calificación final.....	56
4.24 Producción de leche diaria (PDL)	57
4.25 Producción ajustada 305 días (P305).....	59
4.26. Análisis de Componentes Principales (PCA)	61

4.27. Relaciones de Independencia y Correlación Estadística (Análisis de Ángulos).....	63
Independencia Estricta	63
Correlación Inversa o Contrapuesta	63
CONCLUSIONES	68
RECOMENDACIONES	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXOS	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Método de evaluación lineal de ganado lechero	26
Tabla 2. Registro individual para la calificación lineal en vacas lechera	27
Tabla 3. Ponderación y clasificación lineal y descripción según la sumatoria total en vacas lecheras.	28
Tabla 4. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre el perímetro torácico en vacas lecheras.	30
Tabla 5. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre el tren anterior y la capacidad en vacas lecheras.	32
Tabla 6. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la alzada a la cruz en vacas lecheras.	33
Tabla 7. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre alzada a la grupa en vacas lecheras.	35
Tabla 8. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la anchura de pecho en vacas lecheras.....	36
Tabla 9. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la profundidad corporal en vacas lecheras.....	37
Tabla 10. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la grupa en vacas lecheras.	38
Tabla 11. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre el ángulo de grupa en vacas lecheras.	40
Tabla 12. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la fortaleza lechera en vacas lecheras.	41
Tabla 13. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la angulosidad en vacas lecheras.	42
Tabla 14. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la calidad de hueso en vacas lecheras.	44
Tabla 15. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre las patas y pezuñas en vacas lecheras.	45
Tabla 16. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre las patas traseras vista posterior en vacas lecheras.	46
Tabla 17. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre las patas traseras vista lateral en vacas lecheras.....	47
Tabla 18. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la movilidad en vacas lecheras.	48
Tabla 19. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la ubre en vacas lecheras.	49
Tabla 20. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la inserción anterior de la ubre en vacas lecheras.	50
Tabla 21. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la inserción posterior de la ubre en vacas lecheras.	51

Tabla 22. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre el ligamento suspensor medio en vacas lecheras.....	52
Tabla 23. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la anchura de la inserción posterior de la ubre en vacas lecheras.....	53
Tabla 24. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la profundidad de la ubre en vacas lecheras.....	54
Tabla 25. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la colocación de pezones en vacas lecheras.	55
Tabla 26. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la calificación final en vacas lecheras.	56
Tabla 27. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la producción de leche diaria en vacas lecheras.....	58
Tabla 28. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la producción ajustada 305 días en vacas lecheras.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Guía de evaluación lineal para los rasgos en vacas lecheras Holstein.	24
Figura 2. Continuación de la guía de evaluación lineal en vacas Holstein.	25
Figura 3. Efecto del grupo genético sobre el perímetro torácico en vacas lecheras.....	31
Figura 4. Efecto del grupo genético sobre el tren anterior y la capacidad en vacas lecheras.....	32
Figura 5. Efecto del grupo genético sobre alzada a la cruz en vacas lecheras. ..	34
Figura 6. Efecto del grupo genético sobre alzada a la grupa en vacas lecheras.	35
Figura 7. Efecto del grupo genético sobre la anchura de pecho en vacas lecheras.	36
Figura 8. Efecto del grupo genético sobre la profundidad corporal en vacas lecheras.....	38
Figura 9. Efecto del grupo genético sobre la grupa en vacas lecheras.	39
Figura 10. Efecto del grupo genético sobre el ángulo de grupa en vacas lecheras.	40
Figura 11. Efecto del grupo genético sobre la fortaleza lechera en vacas lecheras.	41
Figura 12. Efecto del grupo genético sobre la angulosidad en vacas lecheras. ..	43
Figura 13. Efecto del grupo genético sobre la calidad de hueso en vacas lecheras.....	44
Figura 14. Efecto del grupo genético sobre patas y pezuñas en vacas lecheras.	45
Figura 15. Efecto del grupo genético sobre las patas traseras vista posterior en vacas lecheras.	46
Figura 16. Efecto del grupo genético sobre las patas traseras vista lateral en vacas lecheras.	47
Figura 17. Efecto del grupo genético sobre la movilidad en vacas lecheras.	49
Figura 18. Efecto del grupo genético sobre la ubre en vacas lecheras.	50
Figura 19. Efecto del grupo genético sobre e la inserción anterior de la ubre en vacas lecheras.	51
Figura 20. Efecto del grupo genético sobre la inserción posterior de la ubre en vacas lecheras.	52
Figura 21. Efecto del grupo genético sobre el ligamento suspensor medio en vacas lecheras.	53
Figura 22. Efecto del grupo genético sobre la anchura de la inserción posterior de la ubre en vacas lecheras.	54
Figura 23. Efecto del grupo genético sobre la profundidad de la ubre en vacas lecheras.....	55
Figura 24. Efecto del grupo genético sobre la colocación de pezones en vacas lecheras.....	56

Figura 25. Efecto del grupo genético sobre la calificación final en vacas lecheras.	57
Figura 26. Efecto del grupo genético sobre la producción de leche diaria en vacas lecheras.....	59
Figura 27. Efecto del grupo genético sobre la producción ajustada 305 días en vacas lecheras.	61
Figura 28. Gráfico de correlación de variables y círculo de correlación del análisis de componentes principales (pca) para rasgos morfológicos, lineales, ponderales y productivos de vacas lecheras. La escala de color indica el porcentaje de contribución de cada variable.....	62
Figura 29. Gráfico bidimensional (biplot) de componentes principales (dim1: 44.4%, dim2: 23%) que ilustra la dispersión fenotípica de bovinos girolando, cruces f1 (gyr × holstein; gyr × girolando) y animales cruzados, en función de rasgos productivos (pdl, p305).	64
Figura 30. Distribución y dispersión fenotípica individual de bovinos girolando, cruces f1 (gyr × holstein; gyr × girolando) y animales cruzados mediante análisis de componentes principales.....	65
Figura 31. Gráfico simultáneo (biplot) de componentes principales que integra la ordenación de los animales individuales y la proyección de los vectores de carga para variables morfo-productivas y ponderales en los cuatro grupos genéticos evaluados.	66

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1. Ubicación geográfica de la finca los mangos	76
Anexo N° 2. Corrales de la finca.....	76
Anexo N° 3. Selección aleatoria de los grupos de animales.	77
Anexo N° 4. Anotación de las características morfológicas por animal.	77
Anexo N° 5. Corrales equipado con comederos y bebederos.	78
Anexo N° 6. Sala de ordeño.	79
Anexo N° 7. Las mediciones zoométricas en las vacas.	80

EVALUACIÓN LINEAL EN VACAS LECHERAS Y EL USO DE ANÁLISIS MULTIVARIADOS APLICADO EN LA SELECCIÓN FENOTÍPICA.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue realizar la evaluación lineal de vacas cruzadas, Girolando y cruces F1 (Gyr x Holstein) y (Gyr x Girolando), con la finalidad de mejorar la producción y la aptitud lechera en condiciones tropicales. El estudio se llevó a cabo en la Hacienda Los Mangos, Capira, utilizando un total de 61 vacas lactantes distribuidas en cuatro grupos genéticos. Se tomaron medidas morfométricas y se aplicó la metodología de calificación lineal adaptada de la Holstein Association USA, evaluando regiones de estructura corporal, fortaleza lechera, patas-pezuñas y sistema mamario. Adicionalmente, se recopiló la base de datos productiva de los últimos tres años (2022-2024). Los análisis de varianza (ANOVA) demostraron diferencias estadísticas significativas entre grupos genéticos para variables estructurales clave como el perímetro torácico ($p = 0.016$), tren anterior y capacidad ($p = 0.044$), alzada a la cruz ($p = 0.007$), alzada a la grupa ($p = 0.026$), fortaleza lechera ($p = 0.017$) y la calificación lineal final ($p = 0.009$). Por el contrario, los rasgos específicos del sistema mamario y de patas y pezuñas no manifestaron variaciones significativas ($p > 0.05$). El Análisis de Componentes Principales (PCA) retuvo dos dimensiones que explicaron el 67.4% de la varianza total. La Dim1 (44.4%) se asoció con la robustez y conformación estructural, mientras que la Dim2 (23.0%) discriminó la aptitud productiva frente a la morfología de la ubre. El biplot evidenció que el grupo Girolando sobresale en producción diaria y ajustada a 305 días alineándose con la máxima robustez ponderal, mientras que los cruces F1 (Gyr x Holstein) manifestaron una alta uniformidad y estrecha asociación con la excelencia en la conformación de tipo. Se concluye que la evaluación lineal combinada con el análisis multivariado es una herramienta científica objetiva y eficiente para el descarte selectivo y la identificación de reproductoras sobresalientes en hatos lecheros comerciales expuestos al trópico.

Palabras clave: Selección fenotípica, Girolando, calificación lineal, componentes principales, trópico.

LINEAR EVALUATION IN DAIRY COWS AND THE USE OF MULTIVARIATE ANALYSIS APPLIED TO PHENOTYPIC SELECTION.

ABSTRACT

The objective of this research was to perform a linear evaluation of crossbred, Girolando, and F1 crosses (Gyr x Holstein) and (Gyr x Girolando) cows, with the purpose of improving milk production and suitability under tropical conditions. The study was conducted at Hacienda Los Mangos, Capira, utilizing a total of 61 lactating cows distributed across four genetic groups. Morphometric measurements were recorded, and a linear scoring methodology adapted from the Holstein Association USA was applied, evaluating body structure, dairy strength, feet/legs, and the mammary system. Additionally, a production database from the last three consecutive years (2022-2024) was compiled. Analysis of variance (ANOVA) demonstrated significant statistical differences among genetic groups for key structural traits such as heart girth ($p = 0.016$), front end and capacity ($p = 0.044$), stature ($p = 0.007$), rump height ($p = 0.026$), dairy strength ($p = 0.017$), and final linear score ($p = 0.009$). Conversely, specific traits of the mammary system and feet and legs showed no significant differences ($p > 0.05$). Principal Component Analysis (PCA) retained two dimensions explaining 67.4% of the total variance. Dim1 (44.4%) was associated with robustness and structural conformation, while Dim2 (23.0%) discriminated productive performance against udder morphology. The biplot showed that the Girolando group excelled in daily and 305-day adjusted milk yield, aligning with maximum body weight robustness, whereas the F1 (Gyr x Holstein) crosses showed high uniformity and a narrow association with type excellence. It is concluded that linear evaluation combined with multivariate analysis is an objective and efficient scientific tool for selective culling and identifying outstanding breeders in commercial dairy herds under tropical conditions.

Keywords: Phenotypic selection, Girolando, linear classification, principal components, tropics.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de mejorar continuamente la producción de leche en el ganado bovino con razas cebuinas y diferentes cruces de ganado han llevado a profesionales de ciencias pecuarias a buscar las herramientas necesarias para lograr este objetivo.

La selección genética, en el rubro lechero, es una herramienta recomendada por diferentes entidades del sector agropecuario con el fin de llevar a cabo de manera eficiente la producción leche y así esta herramienta repercute de manera importante en las finanzas de los productores.

La evaluación lineal es método que permite evaluar, mediante un sistema de puntuación, aquellos aspectos morfológicos que están directamente relacionados con la capacidad productiva del animal, teniendo como finalidad obtener una calificación final, obteniendo una capacidad productiva.

Una de las mayores limitaciones en la República de Panamá es el poco avance genético en los pequeños y medianos productores de leche, esto se le adjudica a la falta de información y registro de los animales por parte de los productores, por lo que llevará a una mala selección genética, y por consiguiente no habrá un progreso genético en su hato ganadero.

La evaluación lineal será una herramienta muy útil para el sector lechero en Panamá, ya que esta brinda información necesaria sobre el desempeño productivo y el desarrollo fenotípicos de vacas cruzadas y Girolando. Esto también nos conduce a un programa de selección, con la finalidad de mejorar la producción leche en Panamá de una manera óptima y eficiente.

CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1. Planteamiento del problema a investigar

En la República de Panamá, el mejoramiento genético de bovinos de leche a través de la selección de bovinos lecheros resulta un reto grande, ya que existen muchas limitaciones, por ejemplo, la falta de financiamientos dirigidos a programas genéticos, informaciones genealógicas, especialistas en mejoramiento animal e información científica, entre otras.

Por consiguiente, es necesario implementar programas de selección continua, con un proceso de evaluación morfológica lineal para describir y valorar las características morfológicas y productivas de las vacas lecheras. Este estudio es fundamental para identificar qué rasgos deseables deben tener los animales de acuerdo con el modelo productivo específico y funcional para animales más longevos y con mayor producción.

La evaluación morfológica lineal de cada vaca de forma individual es indispensable para analizar los individuos por desempeño, permitiendo obtener información valiosa sobre el comportamiento productivo y desarrollo corporal de las vacas lecheras cruzadas, Girolando y cruces F1 (Gyr x Holstein) y (Gyr x Girolando). Esto también se hace necesario para ampliar los criterios de selección de la genética de los animales, a fin de mejorar la producción y calidad de la leche. Por tanto, la evaluación lineal se torna una herramienta básica pero muy importante para recolectar información fenotípica y que posteriormente son útiles para realizar pruebas de evaluación genética.

1.2. Justificación

Se realizó esta investigación con el fin de brindar una herramienta a los productores panameños y puedan mejorar la producción de leche tomando decisiones y agregando valor a los animales de sus hatos de manera eficiente y rentable.

La evaluación lineal funciona para identificar a los animales rentables y valiosos, lo que permite llevar una mejor comercialización de su hato ganadero lechero.

Esta evaluación permite evaluar varios aspectos importantes en el hato ganadero lechero, tales como: proporcionar una evaluación imparcial de animales, brindar una comprensión clara de las debilidades y fortalezas de cada uno de los animales, ayuda a comparar el patrón del hato ganadero con el promedio de la raza trabajada, definiendo la tendencia de un rasgo deseado de una generación a otra, obteniendo información para la protección de un programa reproductivo.

También la investigación reportada en otras latitudes permite la verificación de animales y sus rasgos deseables para un modelo producción específico, y con esta información podemos realizar un programa de selección efectiva a largo plazo.

Esto permite generar una base datos, con la información necesaria para identificar y descartar aquellos animales con defectos que son hereditarios que van a afectar la producción directamente de esos animales.

De igual manera permite hacer una evaluación genética, para cuantificar esos rasgos productivos de gran importancia en las explotaciones lecheras.

Esta herramienta de selección genética fomenta una serie de informaciones de suma importancia para el hato ganadero lechero, tales como informaciones genealógicas, evaluaciones morfológicas y características físicas de los animales; lo que contribuye a mejorar la producción de lechera en Panamá de manera óptima.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

- Realizar evaluación de lineal de vacas cruzadas, Girolando y cruces F1 (Gyr x Holstein) y (Gyr x Girolando), con la finalidad de mejorar la producción y aptitud lechera en Panamá.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar un análisis comparativo de la evaluación morfológica y lineal de vacas cruzadas, Girolando y cruces F1 (Gyr x Holstein) y (Gyr x Girolando), durante el periodo de lactancia.
- Estudiar y diferenciar cuales características morfológicas son la mayor importancia para la producción en Panamá.
- Seleccionar aquellos animales con mejor desempeño en la evaluación lineal.
- Realizar recomendaciones sobre mejora en una línea genética específico para ser recomendadas en programas reproductivos a futuros.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis Alternativa (Ha):

- Es posible seleccionar reproductoras sobresalientes de las razas cruzadas, Girolando y cruces F1 (Gyr x Holstein) y (Gyr x Girolando) a través del uso de la evaluación lineal en las características morfológicas y la habilidad lechera.

1.4.2. Hipótesis Nula (Ho):

- No es posible seleccionar reproductoras sobresalientes de las razas cruzadas, Girolando y cruces F1 (Gyr x Holstein) y (Gyr x Girolando) a través del uso de la evaluación lineal en las características morfológicas y la habilidad lechera.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Importancia de la selección fenotípica en vacas lecheras

La selección fenotípica en vacas lecheras es un proceso esencial para mejorar la producción y eficiencia en los hatos lecheros. Asociar las características físicas de los animales en un sistema de producción es una herramienta que permite agrupar los animales que se adaptan a las condiciones de clima, topografía y manejo, sin afectar su productividad. (Villalobos y WingChing, 2019).

Según Motta *et al.* (2012) en los ecosistemas tropicales han representado un desafío técnico constante debido a las difíciles condiciones ambientales y sanitarias, así como a la escasa rusticidad de las razas especializadas.

De acuerdo con Hernández-Hernández *et al.* (2016) el método de selección fenotípica permite identificar y seleccionar animales con características deseables donde la interacción genotipo x ambiente (IGA) influye en la eficiencia de los programas de mejoramiento genético, ya que un genotipo altamente productivo en un ambiente puede no serlo en otro. Permitiendo tener animales con alta producción de leche, buena conformación corporal y resistencia a enfermedades.

2.2. Razas lecheras y cruzamientos

Según Araúz (2014), la capacidad de producción de leche de una raza lechera se evalúa considerando la cantidad de leche que un animal puede producir en un periodo estandarizado de lactancia como lo son los periodos de 305 días y 365 días. Además de la cantidad, la calidad también es un factor crucial y se puede medir por el rendimiento de sólidos totales y de grasa láctea, siendo la raza Holstein, reina del rendimiento lácteo, sin embargo, estas opciones pueden no ser las más apropiadas para ambientes tropicales.

2.2.1. Raza Holstein

La raza Holstein son origen holandés, se distinguen por su pelaje blanco y negro, que presenta diversos patrones en su superficie. Como menciona Montenegro *et al.* (2013) es la raza lechera de mayores proporciones, con un promedio de 679 kg y una altura a la cruz de 147 cm en hembra adulta, sin embargo, Arauz (2012) indica peso promedio de 574 kg en nuestro país.

La producción promedio de leche en Panamá reportada por Guerra *et al.* (2019) en la cuenca lechera de Chiriquí es de 6.774,05 kg en 305 días, mientras que en Estados Unidos es de 12721.9 kg según Holstein Association USA (2021). El comportamiento de producción de leche diaria es de 22 kg/día en Panamá, semejante a lo reportado por Sierra *et al.* (2017) en Colombia y Gonzáles y

WingChing- Jones, (2018) en Costa Rica de 23 kg/día y 23.85 kg/día, respectivamente.

2.2.2. Raza Gyr

La raza Gyr especializada es leche, Proviene de la península de Kathiawar en la India, se presenta como una alternativa para mejorar la producción de leche en los climas cálidos, pues comparte las características de los ganados bos índicus como son su gran rusticidad, resistencia y alta adaptabilidad al medio tropical. (ASOCEBU, 2025).

Como describe Vargas (2024), raza gyr presenta un color sobre el cuerpo puede variar de rojo puro a moteado, de rojo amarillento a blanco con grandes manchas rojas, un rasgo distintivo de esta raza es su frente convexa y sus largas orejas penduladas, las cuales, con su movimiento, alejan a los insectos. Además, estos animales poseen cuernos que se curvan hacia atrás, y su piel, al igual que la de todos los cebú, secreta un aceite que actúa como repelente natural de insectos.

La producción de leche para la raza Gyr indicada por Peralta *et al.* (2022) es de 1785 kg de leche en 219 días en el trópico, sin embargo, en Panamá no hay datos científicos específicos sobre la producción promedio de leche de la raza Gyr, no obstante, en razas cebuínas Araúz (2020) reporta una producción láctea de 798.00 kg en 177 ± 12 días en lechería de grado C.

2.2.3. Cruzamientos

De acuerdo con Córdova-Izquierdo *et al.* (2005), una de las alternativas para fomentar la producción de animales que sean resistentes al estrés calórico en climas tropicales es el cruce de razas de alta producción provenientes de ambientes templados, como la Holstein, con razas que tienen una mayor adaptación a las condiciones cálidas, como la Gyr.

El cruce entre las razas bovinas Holstein y Gyr se estableció en Brasil a mediados del siglo XX, donde las vacas F1 Holstein x Gyr son el resultado del cruce entre la raza Holstein, reconocida por su alta producción de leche, y la Gyr, una raza cebuínas adaptada a climas tropicales.

De acuerdo con Ribeiro *et al.* (2021) este cruce muestra eficiencia productiva y reproductiva, así como para la adaptación de los animales a las condiciones del clima tropical, a través de la expresión de la heterosis y el efecto de la complementariedad, resultando en Brasil con una producción diaria media de 16.91 kg/día y total de 6741.16 kg de leche en 305 días.

2.3. Evaluación general del animal

Para identificar las características fenotípicas ideales de los animales, como indica Riera-Nieves *et al.* (2012) es importante hacer una evaluación morfológica lineal. Esto incluye describir y valorar numéricamente las características de las vacas. Con este análisis, se pueden identificar los rasgos indeseables y deseables de cada animal, teniendo en cuenta el modelo productivo.

De acuerdo con varias Holstein Association USA, Inc. esta metodología se basa en la observación detallada de diversas características físicas que están directamente relacionadas con la capacidad lechera y la longevidad del animal, considerando:

2.3.1. Estructura lechera

Es una combinación de característica lechera con fortaleza, lo cual soporta una producción sostenida y longevidad. Se le da una mayor consideración a la apertura general y la angulosidad, mientras se mantiene la fortaleza, ancho de pecho, curvatura de las costillas anteriores y sustancia de huesos libres de tosquedad. La condición corporal debe ser apropiada para el estado de lactación.

2.3.2. Sistema mamario

El sistema mamario debe estar bien ubicado y simétrico, con cuartos mamarios bien formados y distribuidos, ubres sanas y resistentes a la degradación que facilita un ordeño eficiente, con fuerza del ligamento y fijación de la ubre para mantener la ubre libre de contaminación.

2.3.3. Patas y pezuñas

Las patas deben estar bien alineadas y tener una postura recta para facilitar la caminata y evitar problemas de movilidad. Las vacas con malas posturas pueden desarrollar problemas en las articulaciones o en las pezuñas, lo que afecta su productividad. Las patas traseras deben tener una angulación adecuada que permita un movimiento fácil y una carga equilibrada sobre las patas.

2.4. Relación de los rasgos morfológicos de tipo y la producción de leche.

Según Cortes-Hernández *et al.* (2022) la magnitud de estas correlaciones muestra la dependencia anatómica y funcional que existe entre los sistemas y la posibilidad de ser mejorados por selección de manera individual; ya que, por ejemplo, la dirección de las patas está relacionadas con la inclinación de anca y el desarrollo; y el tamaño de la ubre están altamente influenciados por el tamaño y estatura.

Según Piccardi *et al.* (2012) las vacas con alto potencial de producción láctea tienen una ubre con menor profundidad, ya que los animales con ubres poco profundas tienen poca cantidad de tejido mamario y por lo tanto su capacidad de producción y almacenamiento es limitada.

Getu & Misganaw (2015) menciona que la anchura de anca determina la separación entre las patas posteriores de la vaca que entre más separadas estén, más amplia será la ubre posterior, permitiendo que está almacene y produzca una mayor cantidad de leche.

Diversos autores coinciden en que las vacas con buena locomoción tienden a ser altas productoras de leche y permanecer en el hato por más tiempo que las vacas con malas puntuaciones para el sistema de patas (Wasana et al., 2015).

Como sugiere Ptak *et al.* (2011) sugirieron que las patas y pezuñas se relacionan de manera indirecta con la producción de leche, ya que vacas con malas puntuaciones para angulosidad, vista lateral de patas y vista posterior de patas muestran un deterioro en longevidad, producción y fertilidad.

Carvajal-Hernández *et al.* (2002) indican que se puede inferir que las vacas más angulosas, tienden a producir más leche, debido a que animales con mayor separación entre costillas y mayor ángulo, tienen una mejor capacidad corporal; además los animales tienden a presentar huesos más planos, aspecto importante en la deposición y extracción de calcio durante la lactación.

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área del Estudio

El estudio Experimental se realizó en la Empresa “Hacienda Los Mangos” está ubicada en la provincia de Panamá Oeste, Distrito de Capira, Corregimiento de Cermeño, comunidad de Quebrada Grande con latitud de 8.71667 y longitud de -79.8. Pose un promedio de 30 hectáreas, es una lechería que cuenta con un sistema de semi estabulación, en donde los animales están divididos en 2 lotes, dedicada a la producción de leche grado A. El lugar presenta clima tropical húmedo.

3.2. Animales y Sistema de Producción

Para realizar el experimento se utilizaron 61 vacas adultas con una variabilidad media entre 3 a 5 años, en estado de lactación, de las cuales son 28 Girolando, 13 cruzadas, 14 F1 (Gyr x Holstein) y 6 (Gyr x Girolando). Los animales fueron manejados en un sistema de producción semi estabulado, con doble ordeño mecanizado.

3.3. Método de evaluación morfológica y calificación lineal.

Para dar validez metodológica a la sección de morfología animal se utilizó como referencia técnica oficial el manual de Características Descriptivas Lineales desarrollado por la Holstein Association USA, Inc., (2024), siendo un pilar fundamental para estructurar de manera objetiva los criterios de evaluación lineal en el hato, permitiendo analizar con precisión matemática los rasgos clave de la estructura corporal, fortaleza lechera, patas, pezuñas y el sistema mamario de las poblaciones evaluadas. Los rasgos morfológicos se evaluaron en una escala de 1 a 50 puntos, clasificada en tres grupos: bajo (1-5 puntos), intermedio (25 puntos) y alto (45-50 puntos). Luego, se sumaron todos los valores obtenidos por cada variable para obtener una calificación final por individuo.

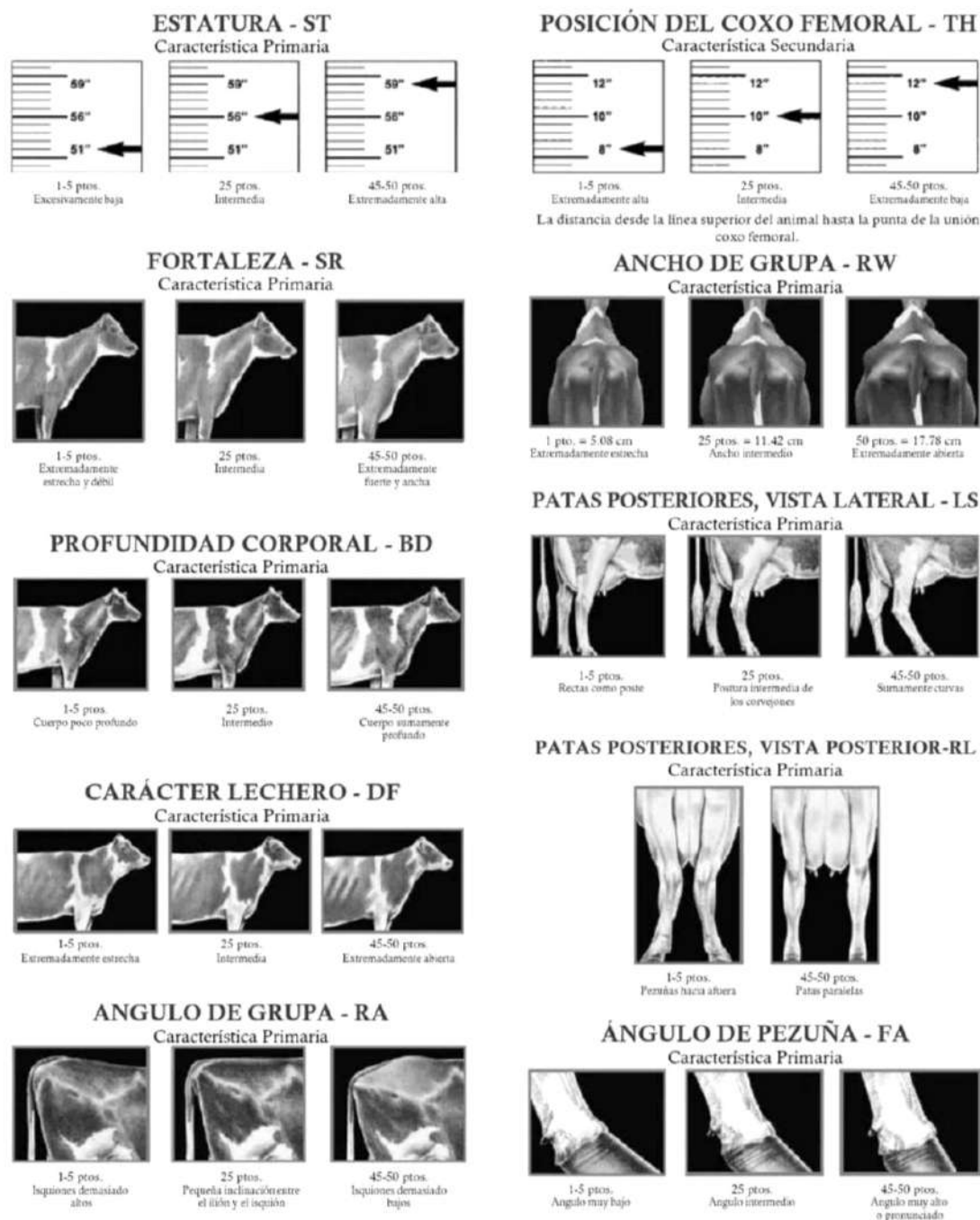


Figura 1. Guía de evaluación lineal para los rasgos en vacas lecheras Holstein.
Fuente: Holstein Association USA (2024).

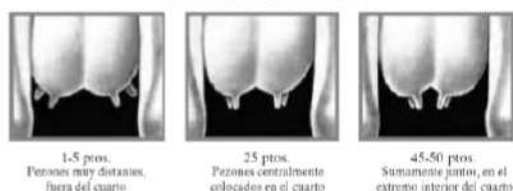
INSERCIÓN ANTERIOR DE UBRE - FU

Característica Primaria



COLOCACIÓN DE PEZONES ANTERIORES - TP

Característica Primaria



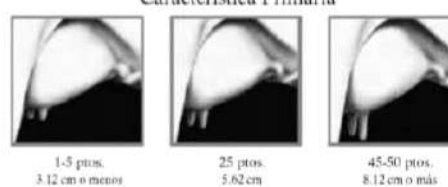
ALTURA DE UBRE POSTERIOR - UH

Característica Primaria



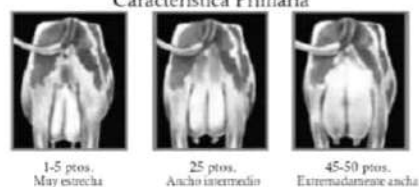
LONGITUD DE PEZONES - TL

Característica Primaria



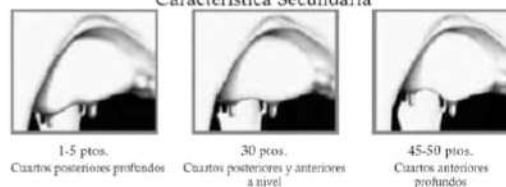
ANCHO DE UBRE POSTERIOR - UW

Característica Primaria



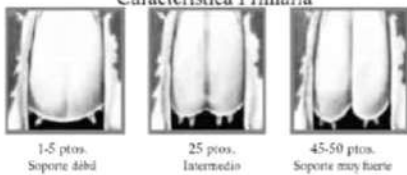
INCLINACIÓN DE LA UBRE - UT

Característica Secundaria



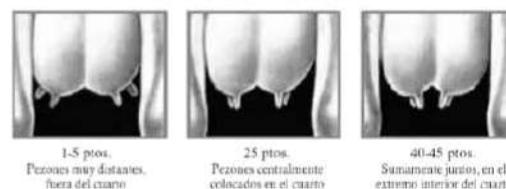
LIGAMENTO SUSPENSOR MEDIO - UC

Característica Primaria



COLOCACIÓN DE PEZONES POSTERIORES - RT

Característica Secundaria



PROFUNDIDAD DE UBRE - UD

Característica Primaria



CONDICIÓN CORPORAL - CS

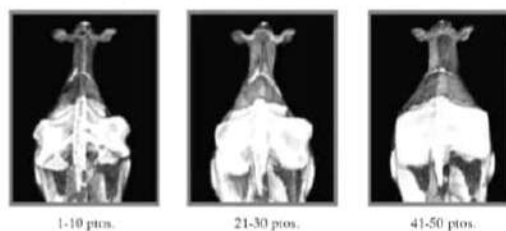


Figura 2. Continuación de la guía de evaluación lineal en vacas Holstein.
Fuente: Holstein Association USA (2024).

Para medir la morfología general de la vaca, se utilizó una cinta graduada en centímetros y milímetros para conocer el peso, tamaño y anchura de su cuerpo. Posteriormente, se realizó una evaluación lineal y se utilizó la metodología propuesta y adaptada de Holstein Association. USA. Inc. (2024), que indica cuatro regiones morfológicas con una totalización de 100 puntos, a saber: tren anterior y capacidad (25 puntos), la fortaleza lechera (15 puntos), patas y pezuñas (20 puntos) y Ubre (40 Puntos) (Tabla 1).

Tabla 1. Método de evaluación lineal de ganado lechero

Características	%
Tren anterior y capacidad	25
Fortaleza Lechera	15
Patas y Pezuñas	20
Ubre	40
Total	100

Fuente: Adaptado de Holstein Association, USA (2024).

Para llevar a cabo la calificación lineal, se tuvo en cuenta cada variable que componen cada región corporal, además de los puntos para cada categoría de las razas evaluadas en el estudio. Estos se obtuvieron de cada carácter lineal medido y ponderado en una escala, llegando finalmente a una ponderación y clasificación total de 100 puntos (Tabla 2).

Tabla 2. Registro individual para la calificación lineal en vacas lechera

Identificación del animal	Nº _____	Raza _____	Peso (kg) _____
Nº de Parto	_____	_____	_____
Regiones Corporales	Características	Código evaluativo	Calificación (pts.)
Tren anterior y capacidad (25 pts.)	Alzada a la cruz (3.57%)	_____	_____
	Perímetro torácico (3.57%)	_____	_____
	Alzada a la grupa (3.57%)	_____	_____
	Anchura de pecho (3.57%)	_____	_____
	Profundidad corporal (3.57%)	_____	_____
	Grupa (3.57%)	_____	_____
	Angulo de grupa (3.57%)	_____	_____
	Subtotal		
Fortaleza Lechera (15 pts.)	Angulosidad (7.5%)	_____	_____
	Calidad de hueso (7.5%)	_____	_____
Subtotal			_____
Ubre (40 pts.)	Inserción anterior (6.667%)	_____	_____
	Inserción posterior (6.667%)	_____	_____
	Ligamento suspensor medio (6.667%)	_____	_____
	Anchura de la inserción posterior de ubre (6.667%)	_____	_____
	Profundidad de ubre (6.667%)	_____	_____
	Colocación de pezones (6.667%)	_____	_____
	Subtotal		
Patasy pezuñas (20 pts.)	Patasy posterior) (6.67%)	_____	_____
	Patasy lateral) (6.67%)	_____	_____
	Movilidad (6.67%)	_____	_____
Subtotal			_____
Calificación final (100 pts.)			_____
Total			_____

Fuente: Adaptado de Holstein Association, USA (2024).

La Asociación de vacas lecheras Holstein de Estados Unidos establece una calificación lineal para clasificar a las vacas de acuerdo con sus características o rasgos morfológicos, según se detalla en la Tabla 3. Según el promedio final, las vacas se clasificaron en cinco categorías, considerando: 1). 50-64 puntos (pobres o deficientes), 2). 65-74 puntos (regulares), 3). 75-79 puntos (bueno), 4). 80-84 puntos (bueno superior), 5). 85-89 puntos (muy buenos), 6). 90-97 (excelente).

Tabla 3. Ponderación y clasificación lineal y descripción según la sumatoria total en vacas lecheras.

Total de puntos	Descripción
50–64	Deficiente
65 – 74	Regular
75 – 79	Bueno
80 – 84	Bueno superior
85 – 89	Muy bueno
90 – 97	Excelente

Fuente: Adaptado de Holstein Association, USA (2024).

Desempeño Productivo

Para evaluar la producción de leche de las vacas, se analizaron de forma detallada los registros individuales del hato entre los años 2022 y 2024. En estos registros se anotaba la identificación de cada animal y su grupo genético.

El ordeño se realizaba dos veces al día: el primero a las 5:00 a.m. y el segundo a las 3:00 p.m.

La leche de cada vaca se midió con una pesa electrónica automática. Esta pesa utiliza un sensor que funciona por refracción de luz para medir el paso de la leche en tiempo real, lo que asegura una gran precisión con un margen de error de apenas el 2%.

Las variables que fueron usadas para este análisis son: la producción de leche promedio diaria (kg) y la producción de leche total (kg) ajustada a 305 días.

Diseño y análisis estadístico

Las variables morfológicas del tipo lineal fueron analizadas a través del Diseño Completamente al Azar (DCA). Para ello, se utilizará el siguiente modelo lineal estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + e_{ijk}$$

Donde Y_{ijk} = representa las variables dependientes (morfológicas-lineales y productivas).

μ = Media general de cada variable en estudio.

G_i : Grupo genético: cruzadas, Girolando y cruces F1 (Gyr x Holstein) b y (Gyr x Girolando).

e_{ijk} = Error o residuo experimental.

Para el análisis estadístico se realizó una prueba de normalidad y homocedasticidad para todas las variables en estudio. Posteriormente un análisis de varianza (ANOVA) para todas las variables morfológicas, lineales y productivas. Además, se realizó la prueba de media Tukey para conocer las diferencias entre los grupos genéticos. Finalmente se utilizó la estadística multivariada de componentes principales (PCA) incluyendo todas las variables y los cuatros grupos genéticos y los animales sobresalientes de cada grupo para aplicar los criterios de selección fenotípica por sus características morfológicas, nivel de producción y habilidad lechera. La significancia considerada para las evaluaciones estadísticas fue del 5 % ($p < 0,05$) y se utilizó el programa estadístico R (R Core Team, 2023).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Perímetro Torácico (PT)

El análisis de varianza (ANOVA) evidenció diferencias significativas entre los grupos genéticos ($p = 0.016$) para el perímetro torácico. Este resultado indica que la conformación corporal difiere entre las razas evaluadas, lo cual sugiere la presencia de variabilidad genética asociada al desarrollo estructural del animal.

El perímetro torácico es una medida morfométrica ampliamente utilizada para estimar la capacidad corporal y la eficiencia metabólica de los bovinos, ya que está relacionado con el volumen del sistema respiratorio y digestivo. Animales con mayor perímetro torácico suelen presentar mayor capacidad de consumo de alimento y mejor eficiencia en la conversión de nutrientes hacia la producción de leche. En este sentido, Soeharsono et al. (2020) señalan que esta variable puede utilizarse como indicador indirecto del potencial productivo en ganado lechero.

Tabla 4. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre el perímetro torácico en vacas lecheras.

Perímetro Torácico					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Grupo Genético	3	144.6709	48.22362	3.729304	0.0161591
Residuals	57	737.0668	12.93100	NA	NA

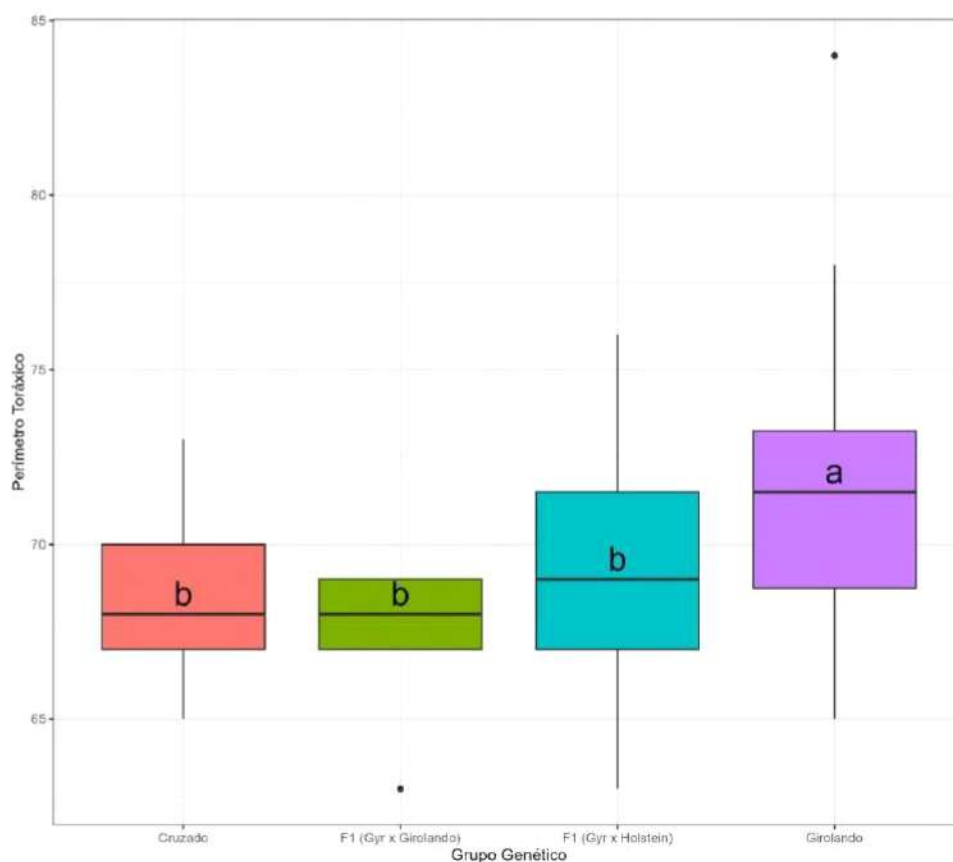


Figura 3. Efecto del grupo genético sobre el perímetro torácico en vacas lecheras.

Asimismo, estudios recientes destacan que en animales cruzados o híbridos esta característica puede verse favorecida por el efecto de heterosis, lo que permite mejorar la capacidad corporal y el desempeño productivo bajo condiciones tropicales (Piazza et al., 2023). En el presente estudio, las diferencias observadas entre los grupos genéticos podrían atribuirse precisamente a las variaciones en la composición genética de los animales evaluados.

4.2 Tren Anterior y Capacidad

El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre los grupos genéticos para la variable tren anterior y capacidad ($p = 0.044$). Este resultado sugiere que la composición genética influye de manera importante en el desarrollo estructural del animal.

El tren anterior incluye características como la anchura del pecho, la fortaleza del esqueleto y el desarrollo corporal general, las cuales están directamente relacionadas con la capacidad fisiológica del animal para sostener altos niveles de producción durante la lactancia. Un adecuado desarrollo de esta región corporal permite un mejor funcionamiento de órganos vitales como el corazón y los

pulmones, lo cual favorece el metabolismo energético necesario para la producción de leche.

De acuerdo con Riera-Nieves et al. (2012), la evaluación morfológica del tren anterior es fundamental dentro de los programas de evaluación lineal, ya que permite identificar animales con mayor capacidad funcional y potencial productivo. En este estudio, los valores superiores observados en algunos grupos genéticos sugieren que estos animales podrían presentar mejores condiciones estructurales para sostener una producción lechera eficiente.

Tabla 5. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre el tren anterior y la capacidad en vacas lecheras.

Tren Anterior y Capacidad					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Grupo Genético	3	28.87489	9.624964	2.871612	0.0441517
Residuals	57	191.05054	3.351764	NA	NA

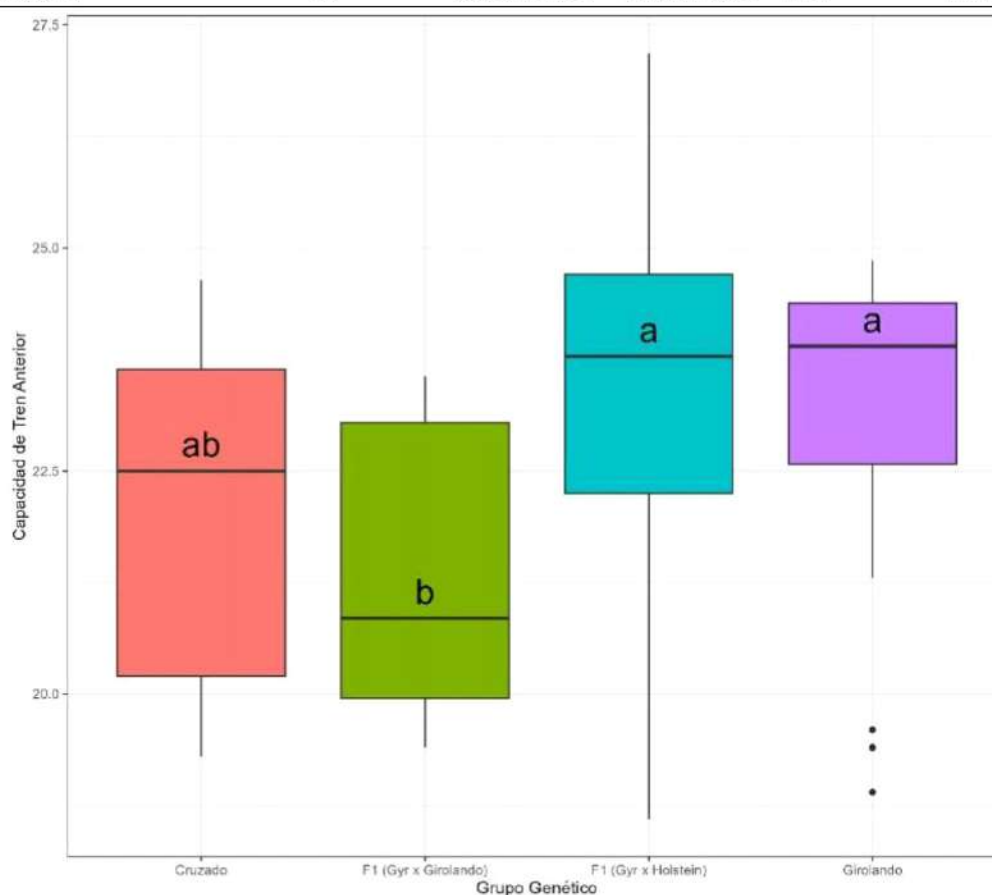


Figura 4. Efecto del grupo genético sobre el tren anterior y la capacidad en vacas lecheras.

4.3 Alzada de cruz (AC)

Para la variable alzada a la cruz, el análisis de varianza reveló diferencias altamente significativas entre los grupos genéticos ($p = 0.007$). Este resultado indica que el tamaño corporal del animal presenta variabilidad asociada al genotipo evaluado. Los resultados destacan a las vacas F1 (Gyr x Holstein) y Girolando con puntuación alta de (45 a 50 puntos), para esta característica, lo cual está relacionada con una estatura de aproximadamente 1.5 metros. Mientras que las vacas cruzadas y F1(Gyr x Girolando) presentaron valoraciones intermedias (25-38 puntos).

La alzada a la cruz es una característica morfológica que refleja el desarrollo estructural del esqueleto y que generalmente presenta una heredabilidad moderada. Por esta razón, suele responder favorablemente a la selección genética dentro de los programas de mejoramiento animal.

Según Piazza et al. (2023), la estatura del animal puede verse influenciada tanto por factores genéticos como por condiciones ambientales relacionadas con la nutrición y el manejo durante el crecimiento. En poblaciones con base genética diversa, como ocurre en sistemas de cruzamiento, es común observar diferencias significativas en este rasgo.

Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que los animales con mayor alzada podrían presentar ventajas relacionadas con el tamaño corporal y la capacidad fisiológica, factores que pueden contribuir al desempeño productivo en sistemas lecheros tropicales.

Tabla 6. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la alzada a la cruz en vacas lecheras.

Alzada a la cruz					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Grupo Genético	3	1.337162	0.4457206	4.360995	0.0078107
Residuals	57	5.825753	0.1022062	NA	NA

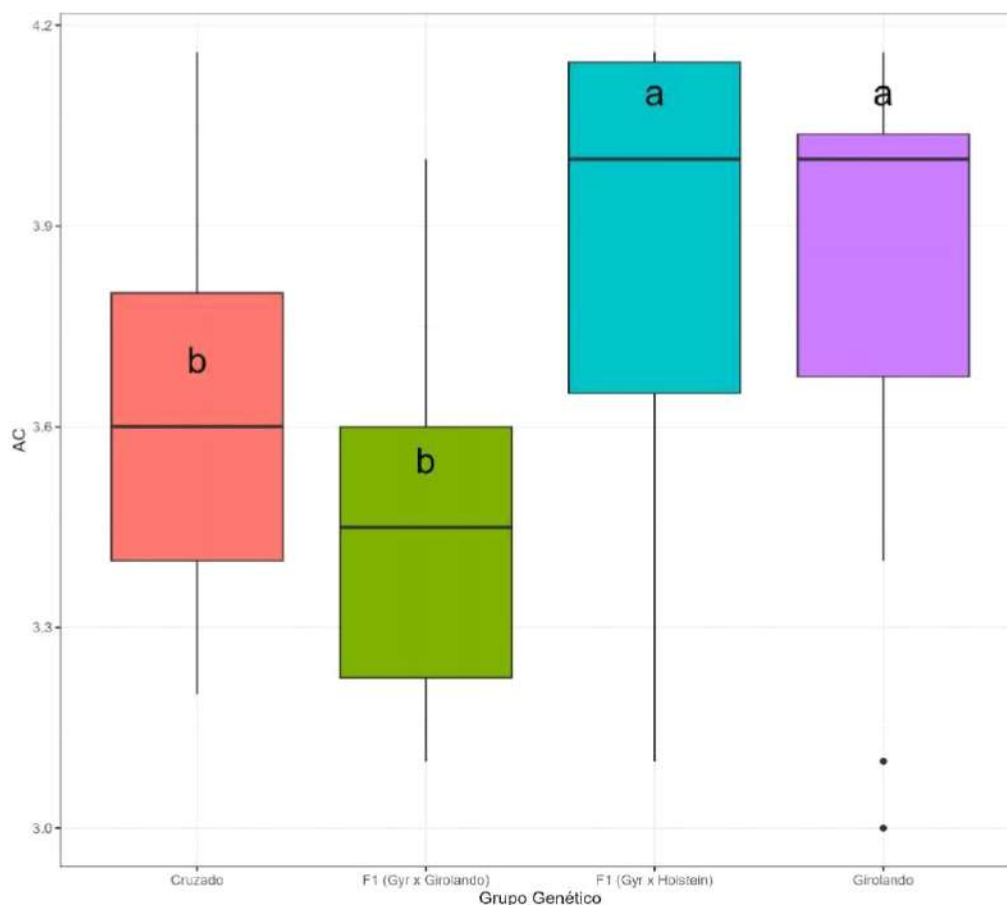


Figura 5. Efecto del grupo genético sobre alzada a la cruz en vacas lecheras.

4.4 Alzada a la grupa (ALG)

La variable alzada a la grupa mostró diferencias significativas entre los grupos genéticos ($p = 0.026$), lo que evidencia variabilidad en la conformación estructural de los animales evaluados.

La altura de la grupa está asociada con la estructura ósea del animal y con su capacidad de locomoción. Además, esta característica influye en la distribución del peso corporal y en la estabilidad estructural durante el desplazamiento, factores que pueden repercutir en el bienestar y la longevidad productiva de las vacas lecheras.

Estudios realizados por Medeiros et al. (2024) indican que las dimensiones corporales pueden variar considerablemente entre diferentes genotipos, especialmente en sistemas de producción tropical donde se utilizan cruzamientos entre razas especializadas en producción lechera y razas adaptadas a condiciones ambientales adversas.

Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que los animales pertenecientes a determinados grupos genéticos presentan mayor desarrollo estructural, lo que podría representar una ventaja en términos de adaptación y desempeño productivo.

Tabla 7. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre alzada a la grupa en vacas lecheras.

ALG					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Grupo Genético	3	1.083997	0.3613322	3.3317	0.0256912
Residuals	57	6.181810	0.1084528	NA	NA

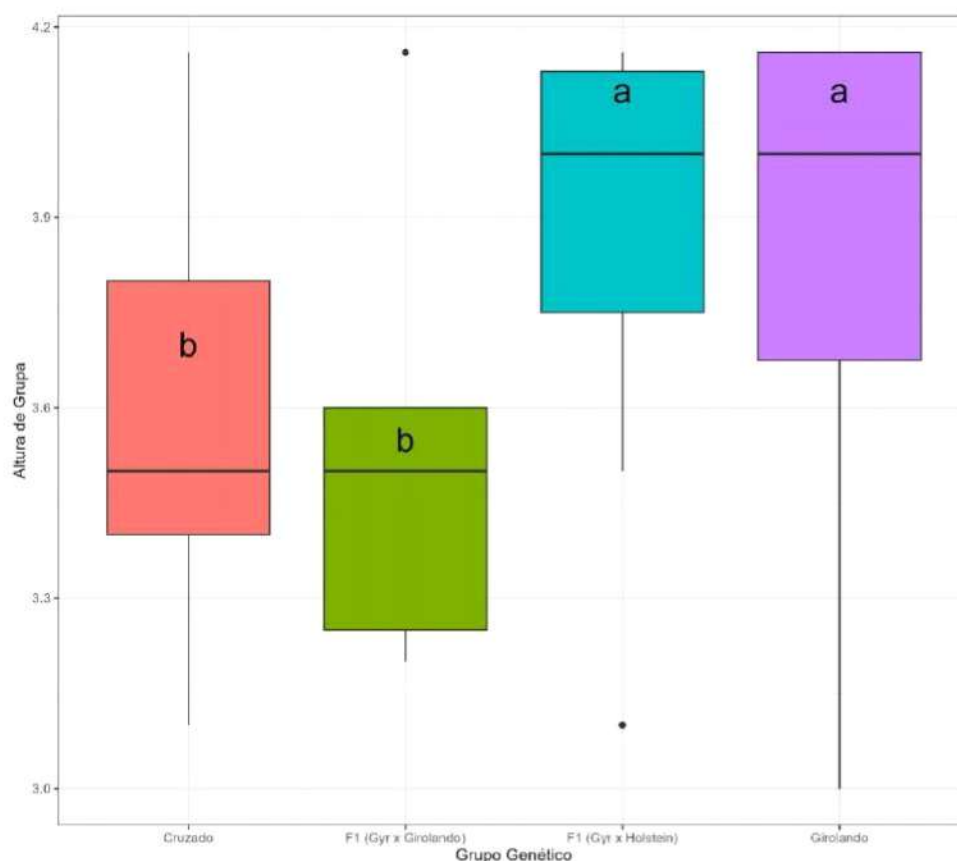


Figura 6. Efecto del grupo genético sobre alzada a la grupa en vacas lecheras.

4.5 Anchura de pecho (AP)

El análisis estadístico indicó que no existieron diferencias significativas entre los grupos genéticos para la anchura de pecho ($p = 0.095$). Este resultado sugiere que esta característica morfológica presenta una variabilidad relativamente baja dentro de la población evaluada.

La anchura de pecho está estrechamente relacionada con el peso corporal y con la condición física general del animal, por lo que su variación puede estar influenciada principalmente por factores nutricionales y de manejo.

De acuerdo con Soeharsono et al. (2020), cuando los animales se encuentran bajo condiciones de alimentación y manejo similares, la variabilidad de esta característica suele ser reducida, lo que explica la ausencia de diferencias estadísticas entre los grupos genéticos en este estudio.

Tabla 8. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la anchura de pecho en vacas lecheras

AP					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Grupo Genético	3	0.707026	0.2356753	2.22488	0.0950847
Residuals	57	6.037850	0.1059272	NA	NA

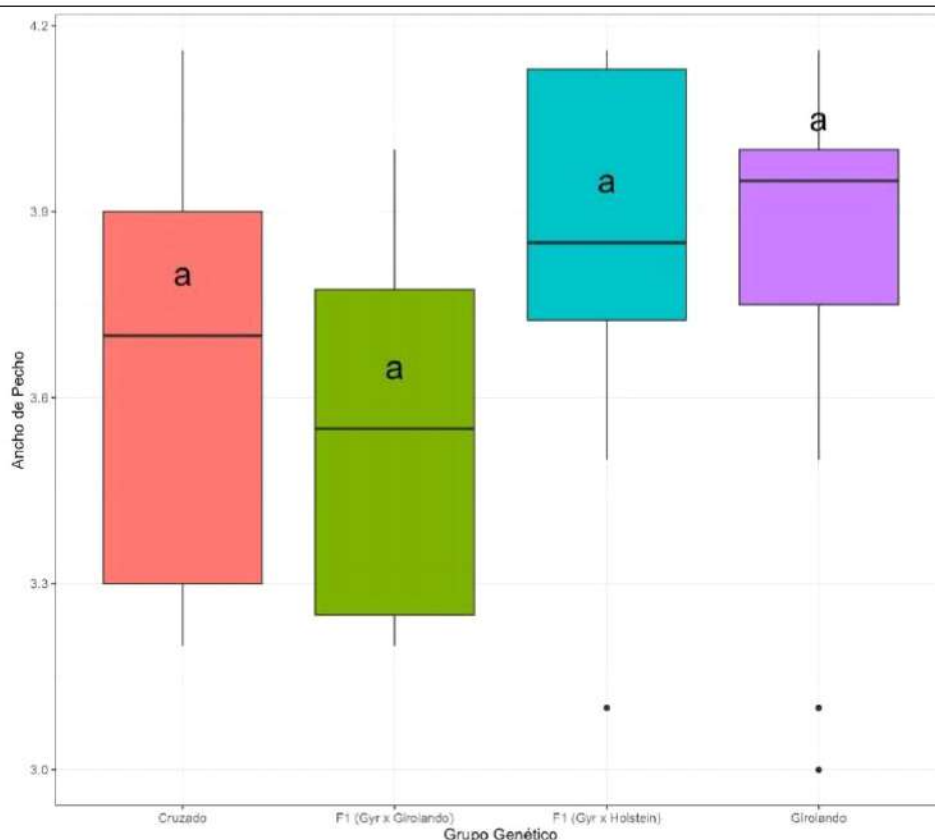


Figura 7. Efecto del grupo genético sobre la anchura de pecho en vacas lecheras.

4.6 Profundidad corporal (PC)

Para la variable profundidad corporal, el análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre los grupos genéticos evaluados ($p = 0.262$).

La profundidad corporal es una característica que refleja la capacidad digestiva del animal y su potencial para consumir grandes volúmenes de alimento, lo cual resulta esencial para sostener altos niveles de producción de leche. Sin embargo, la ausencia de diferencias estadísticas en este estudio sugiere que los animales evaluados presentan un desarrollo corporal relativamente homogéneo.

Investigaciones recientes indican que, en poblaciones sometidas a procesos de selección genética o manejo similar, la variabilidad fenotípica de ciertas características morfológicas puede reducirse considerablemente debido a la estandarización del tipo corporal dentro del hato (Medeiros et al., 2024).

Tabla 9. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la profundidad corporal en vacas lecheras.

Profundidad corporal					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Grupo Genético	3	0.4467361	0.1489120	1.365609	0.2624869
Residuals	57	6.2155328	0.1090444	NA	NA

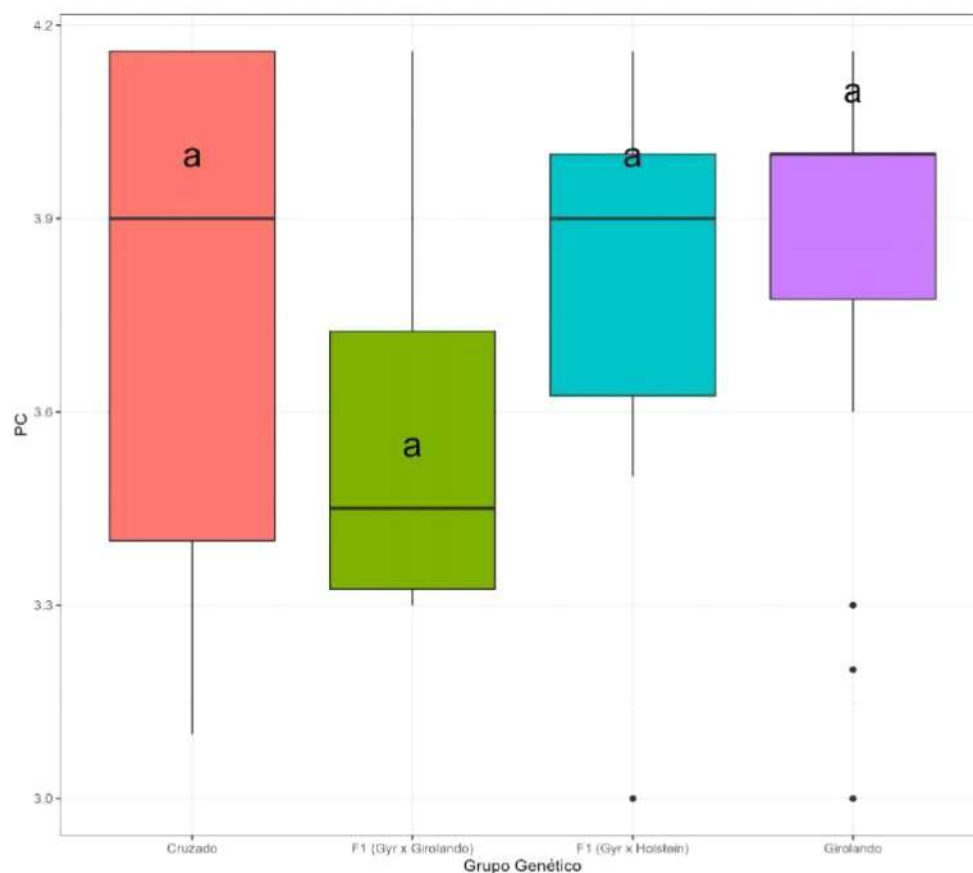


Figura 8. Efecto del grupo genético sobre la profundidad corporal en vacas lecheras.

4.7 Grupa

La anchura de grupa es una característica estructural que se asocia principalmente con la amplitud pélvica del animal y con su capacidad reproductiva. En el presente estudio no se encontraron diferencias significativas entre los grupos genéticos evaluados, lo cual podría indicar una relativa homogeneidad en el desarrollo de esta región corporal. Según Getu y Misganaw (2015), una mayor anchura de grupa permite una mejor separación de las patas posteriores y favorece el desarrollo de la ubre posterior, lo que puede contribuir a una mayor capacidad de almacenamiento de leche. De igual manera, Cortés-Hernández et al. (2022) mencionan que la amplitud de la pelvis puede influir en la estabilidad del animal y en su desempeño reproductivo, especialmente en sistemas de producción donde se busca mejorar la longevidad y eficiencia productiva del hato.

Tabla 10. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la grupa en vacas lecheras.

Grupa	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Grupo Genético	3	0.5031188	0.1677063	1.831417	0.15171
Residuals	57	5.2195960	0.0915719	NA	NA

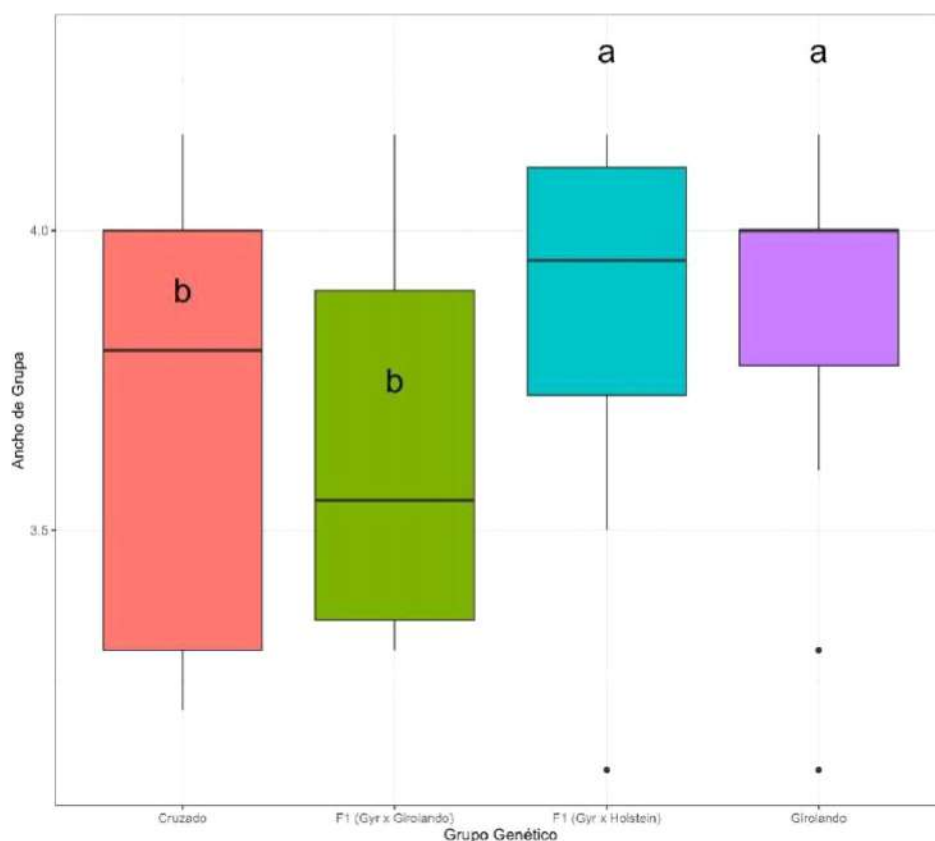


Figura 9. Efecto del grupo genético sobre la grupa en vacas lecheras.

4.8 Ángulo de grupa (AG)

El ángulo de la grupa es un rasgo morfológico importante en bovinos lecheros debido a su relación con la eficiencia reproductiva, la facilidad de parto y la correcta colocación de la ubre. En el presente estudio no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los grupos genéticos evaluados, lo cual podría indicar que esta característica presenta una relativa estabilidad dentro de la población analizada. De acuerdo con Getu y Misganaw (2015), la conformación de la grupa influye en la postura corporal del animal y en la funcionalidad del sistema reproductivo, por lo que una inclinación adecuada favorece tanto el drenaje de fluidos como la facilidad de parto. Asimismo, Cortés-Hernández et al. (2022) señalan que el ángulo de la grupa puede estar relacionado con la posición de las patas posteriores y la estabilidad estructural del animal durante la locomoción, factores que inciden indirectamente en la longevidad productiva de las vacas lecheras.

Tabla 11. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre el ángulo de grupa en vacas lecheras.

AG					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Grupo Genético	3	1.399394	0.4664648	2.068745	0.1144713
Residuals	57	12.852474	0.2254820	NA	NA

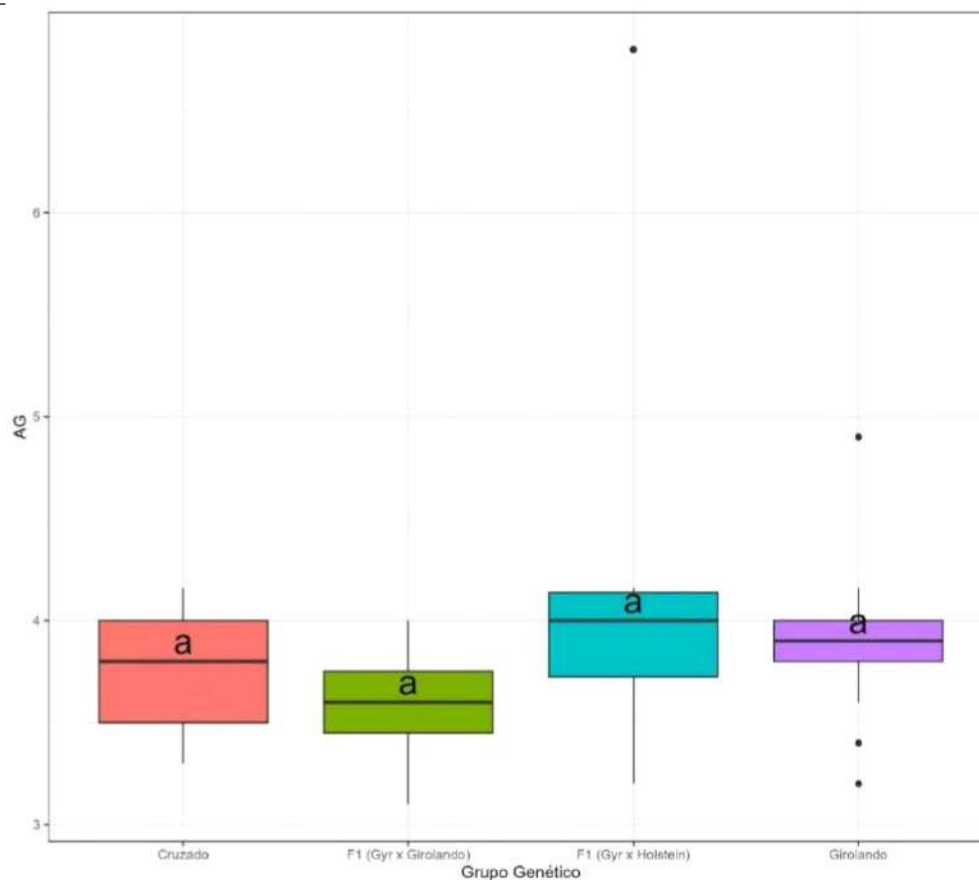


Figura 10. Efecto del grupo genético sobre el ángulo de grupa en vacas lecheras.

4.9 Fortaleza lechera

El análisis de varianza evidenció diferencias significativas entre los grupos genéticos para la fortaleza lechera ($p = 0.017$). Este rasgo combina características relacionadas con la capacidad corporal, la angulosidad y la fortaleza estructural del animal.

La fortaleza lechera es considerada un indicador importante dentro de la evaluación lineal, ya que refleja la capacidad del animal para mantener una producción sostenida durante la lactancia.

De acuerdo con Carvajal-Hernández et al. (2002), las vacas que presentan mayor desarrollo estructural y angulosidad suelen mostrar un mayor potencial productivo, debido a su mayor capacidad metabólica para movilizar nutrientes hacia la producción de leche.

Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que la genética desempeña un papel importante en la expresión de esta característica, lo que resalta la importancia de considerar este rasgo dentro de los programas de selección genética en bovinos lecheros.

Tabla 12. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la fortaleza lechera en vacas lecheras.

Fortaleza Lechera					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Grupo Genético	3	9.173815	3.0579384	3.675187	0.0172072
Residuals	57	47.426841	0.8320498	NA	NA

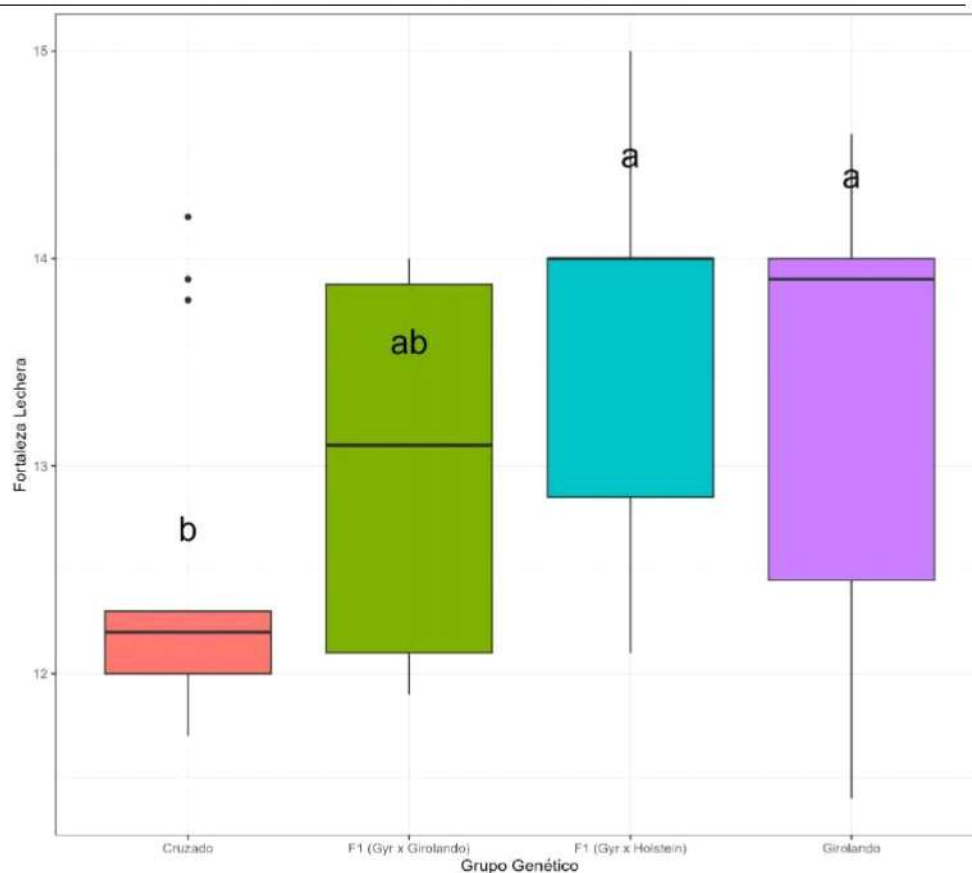


Figura 11. Efecto del grupo genético sobre la fortaleza lechera en vacas lecheras.

4.10 Angulosidad (ANGU)

El análisis de varianza (ANOVA) reveló un efecto estadísticamente significativo del grupo genético sobre la característica. Esta diferencia estadística justifica la posterior aplicación de la prueba de comparación de medias (Tukey), la cual identificó que los animales con mayor influencia de la raza Holstein específicamente el cruce F1 (Gyr x Holstein) y el grupo Girolando presentaron un desarrollo de angulosidad superior en comparación con el grupo de animales Cruzados, mientras que el cruce F1 (Gyr x Girolando) se comportó como un grupo de transición intermedia.

La angulosidad es una de las características más utilizadas en la evaluación lineal del ganado lechero, ya que refleja la capacidad metabólica del animal para transformar nutrientes en producción de leche. Los animales con mayor angulosidad suelen presentar una estructura corporal más abierta, con mayor separación entre costillas y mayor desarrollo del sistema digestivo. Según Carvajal-Hernández et al. (2002), las vacas con mayor angulosidad tienden a mostrar un mayor potencial productivo debido a su capacidad para movilizar nutrientes hacia la síntesis de leche. Asimismo, Cortés-Hernández et al. (2022) señalan que esta característica está estrechamente relacionada con la fortaleza lechera y con el desarrollo corporal del animal, lo que la convierte en un indicador importante dentro de los programas de selección genética en bovinos lecheros.

Tabla 13. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la angulosidad en vacas lecheras.

Angulosidad					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Grupo Genético	3	2.274538	0.7581793	3.392721	0.0239198
Residuals	57	12.737921	0.2234723	NA	NA

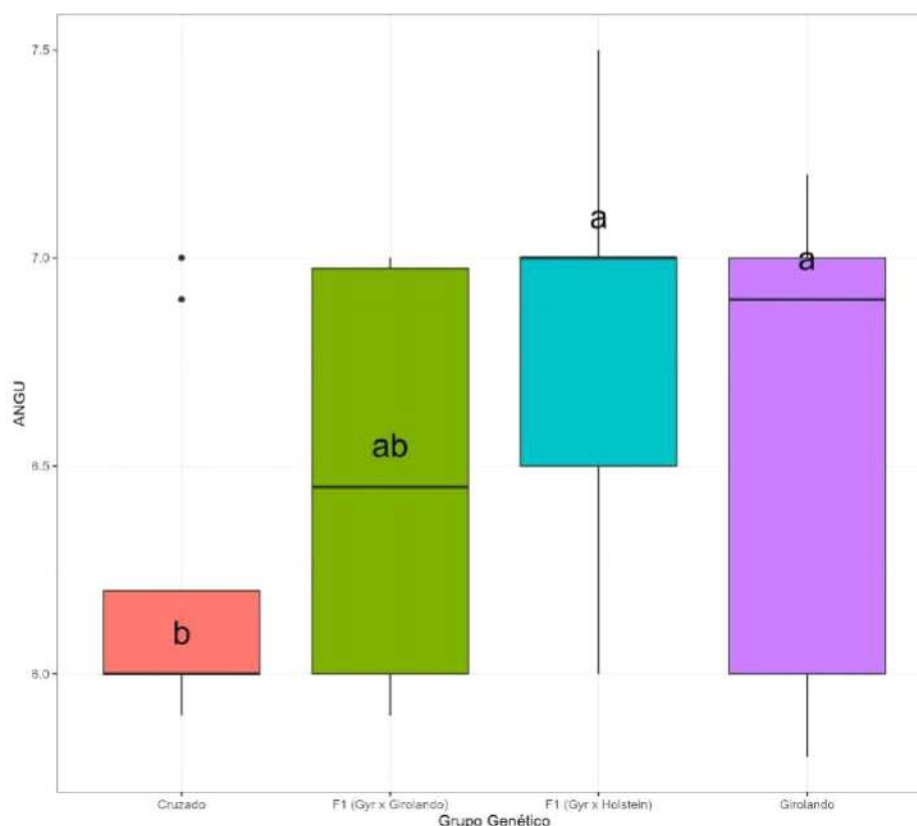


Figura 12. Efecto del grupo genético sobre la angulosidad en vacas lecheras.

4.11 Calidad de hueso (CH)

Para la característica de calidad de hueso (CH), el análisis de varianza (ANOVA) determinó la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los grupos evaluados. La calidad de hueso es un rasgo estructural que refleja la resistencia y la funcionalidad del sistema locomotor del animal. Una adecuada calidad ósea permite un mejor soporte del peso corporal y favorece la movilidad, especialmente durante la lactancia cuando el peso corporal y la demanda metabólica aumentan. En bovinos lecheros, la presencia de huesos finos pero fuertes suele asociarse con animales más productivos y funcionales. De acuerdo con Alsaad et al. (2022), la calidad del sistema locomotor tiene un impacto directo en el bienestar animal y en la longevidad productiva dentro del hato lechero. Además, Ptak et al. (2011) mencionan que las características estructurales del esqueleto están relacionadas con la permanencia productiva de las vacas, ya que animales con mejor conformación ósea presentan menor incidencia de problemas locomotores.

Tabla 14. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la calidad de hueso en vacas lecheras.

CH		Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
	Grupo Genético	3	2.351724	0.7839081	3.513408	0.0207741
	Residuals	57	12.717784	0.2231190	NA	NA

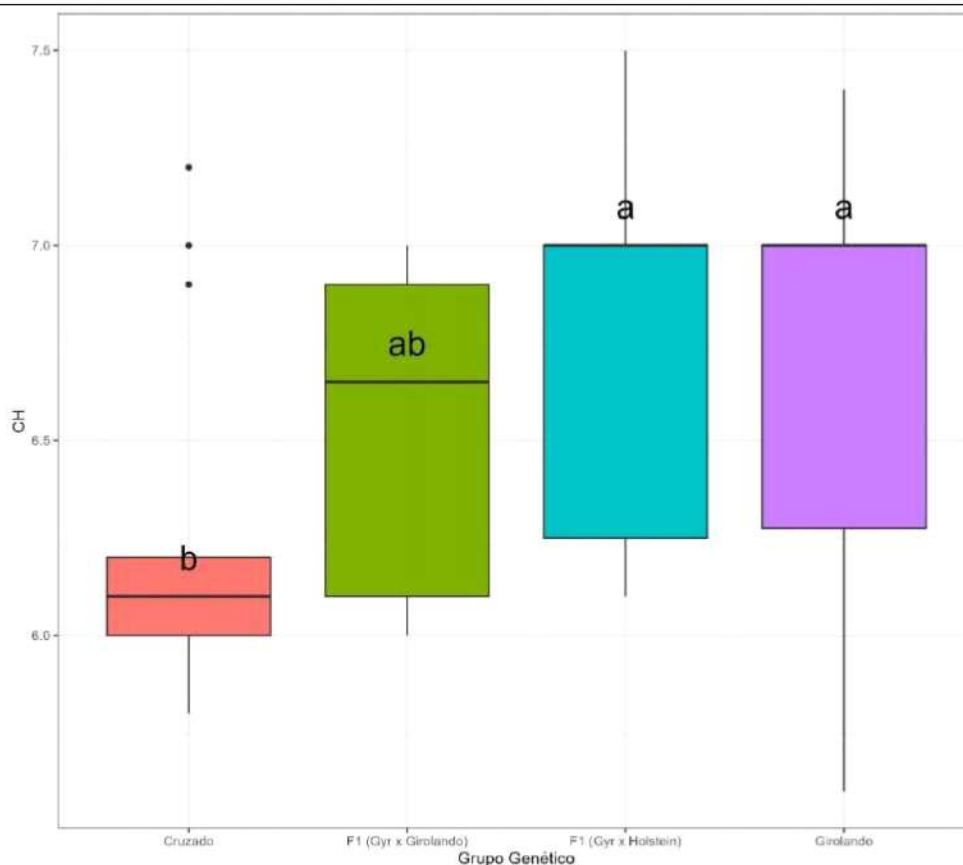


Figura 13. Efecto del grupo genético sobre la calidad de hueso en vacas lecheras.

4.12 Patas y pezuñas

El análisis estadístico indicó que no existieron diferencias significativas entre los grupos genéticos para la variable patas y pezuñas ($p = 0.079$) ni para sus componentes: patas traseras vista posterior, patas traseras vista lateral y movilidad.

Aunque estas características son fundamentales para la locomoción y la permanencia productiva de los animales, diversos estudios indican que su variabilidad depende en gran medida de factores ambientales como el tipo de suelo, el sistema de alojamiento y las condiciones de manejo.

De acuerdo con Alsaad et al. (2022), la calidad del sistema locomotor en bovinos lecheros está fuertemente influenciada por el ambiente y las condiciones de manejo, lo que podría explicar la ausencia de diferencias genéticas significativas en este estudio.

Tabla 15. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre las patas y pezuñas en vacas lecheras.

Patas y pezuñas					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Grupo Genético	3	4.412062	1.4706872	2.374693	0.079577
Residuals	57	35.301053	0.6193167	NA	NA

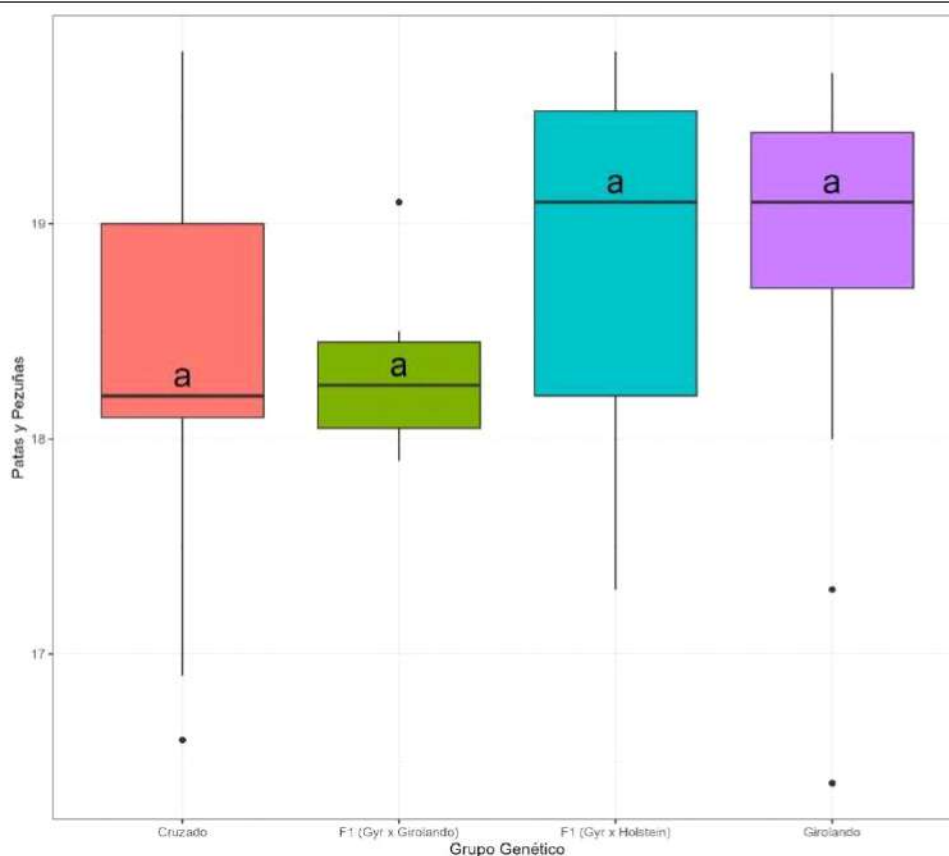


Figura 14. Efecto del grupo genético sobre patas y pezuñas en vacas lecheras.

4.13 Patas traseras vista posterior (PTVP)

La evaluación de las patas traseras vista posterior permite determinar la alineación de las extremidades posteriores del animal y su capacidad para soportar adecuadamente el peso corporal durante el desplazamiento. Una correcta alineación de las patas favorece una distribución equilibrada del peso y reduce el

riesgo de problemas locomotores. En el presente estudio no se observaron diferencias significativas entre los grupos genéticos, lo cual sugiere que esta característica puede estar influenciada principalmente por factores ambientales o de manejo. Según Wasana et al. (2015), las vacas con mejor conformación de patas y pezuñas tienden a presentar mayor longevidad productiva, ya que la locomoción adecuada permite mantener niveles óptimos de producción y reproducción dentro del sistema lechero.

Tabla 16. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre las patas traseras vista posterior en vacas lecheras.

PTVP					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Grupo Genético	3	0.5055574	0.1685191	2.243601	0.0929923
Residuals	57	4.2813278	0.0751110	NA	NA

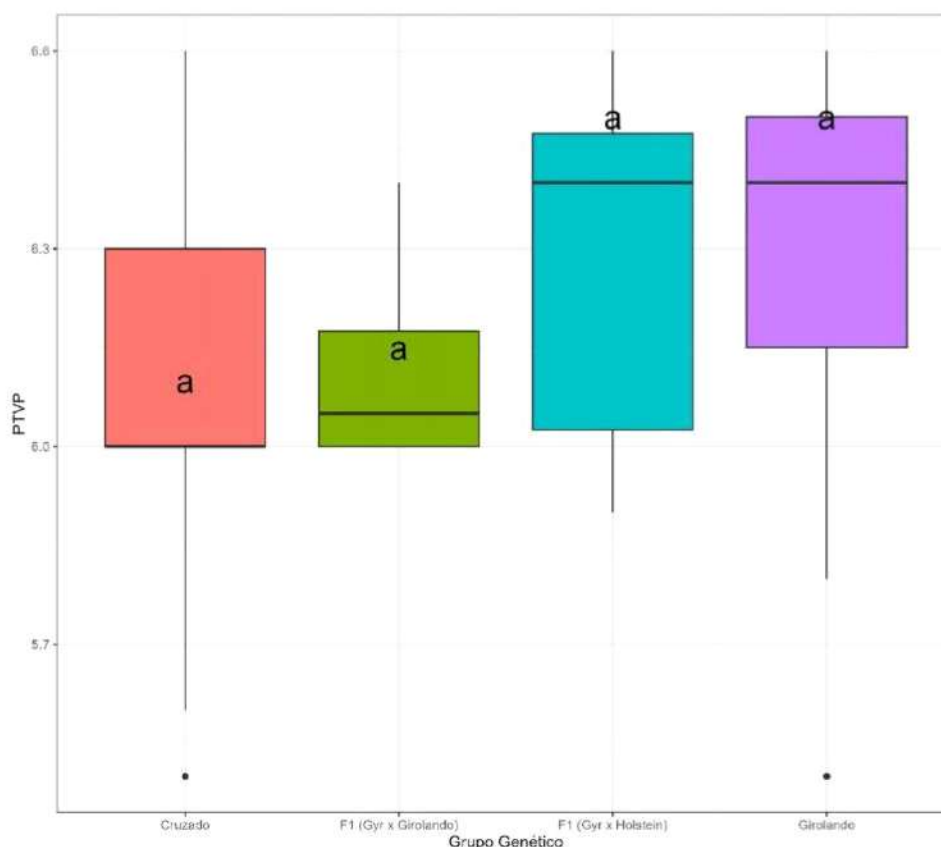


Figura 15. Efecto del grupo genético sobre las patas traseras vista posterior en vacas lecheras.

4.14 Patas traseras vista lateral (PTVL)

La evaluación de las patas traseras vista lateral permite determinar el grado de angulación de las extremidades posteriores, característica que influye en la eficiencia de la locomoción y en la capacidad del animal para desplazarse dentro del sistema de producción. Una angulación adecuada facilita el movimiento y reduce el desgaste de las articulaciones.

Tabla 17. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre las patas traseras vista lateral en vacas lecheras.

PTVL					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Grupo Genético	3	0.4122666	0.1374222	1.939572	0.1334484
Residuals	57	4.0385531	0.0708518	NA	NA

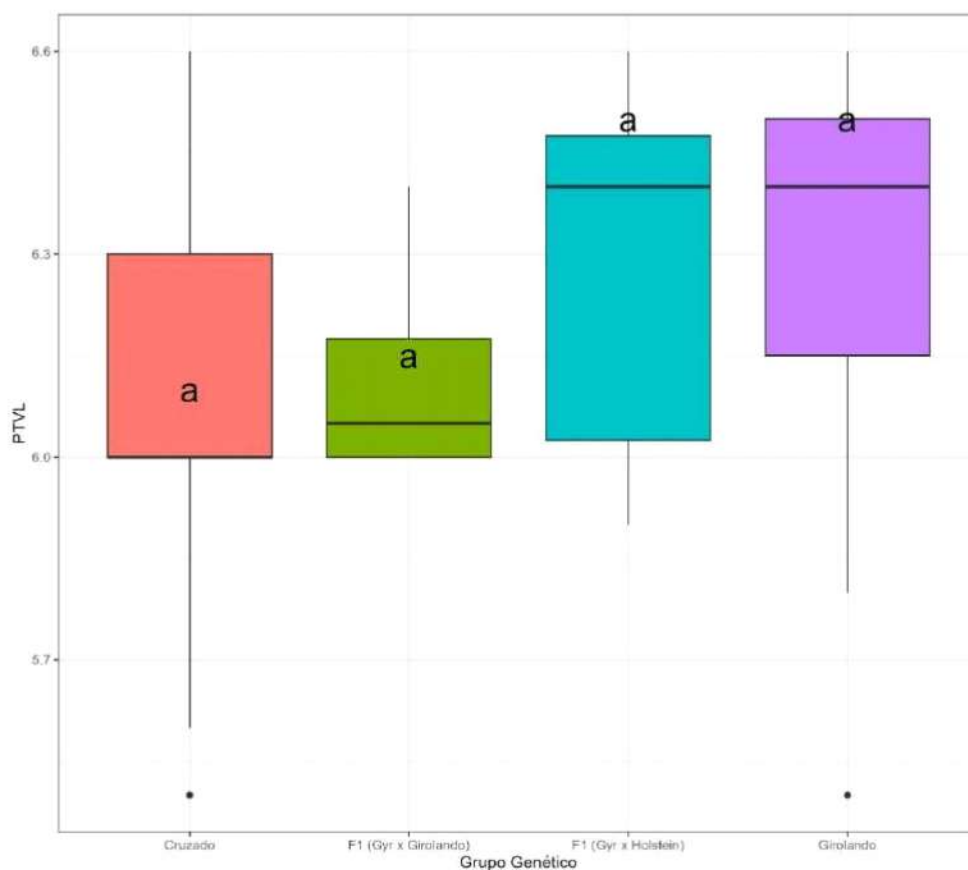


Figura 16. Efecto del grupo genético sobre las patas traseras vista lateral en vacas lecheras.

Según Ptak et al. (2011), la conformación de las patas posteriores está asociada indirectamente con la producción de leche y con la longevidad del animal, ya que

vacas con mala angulación presentan mayor riesgo de lesiones o problemas articulares. En este estudio, la ausencia de diferencias significativas podría atribuirse a la similitud en las condiciones de manejo y alojamiento de los animales evaluados.

4.15 Movilidad (MOV)

La movilidad es un indicador importante del bienestar y la funcionalidad del sistema locomotor en bovinos lecheros. Una buena movilidad permite que los animales se desplacen con facilidad para alimentarse, beber agua y acceder al área de ordeño, lo que influye directamente en su desempeño productivo. Según Alsaaod et al. (2022), la locomoción en vacas lecheras depende tanto de factores genéticos como ambientales, siendo el tipo de suelo, el manejo del hato y las condiciones de alojamiento algunos de los factores que más influyen en la variabilidad de este rasgo. En este estudio, la ausencia de diferencias significativas entre los grupos genéticos sugiere que las condiciones de manejo y ambiente fueron similares para todos los animales evaluados.

Tabla 18. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la movilidad en vacas lecheras.

Movilidad	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Grupo Genético	3	0.6332565	0.2110855	2.275575	0.0895246
Residuals	57	5.2873993	0.0927614	NA	NA

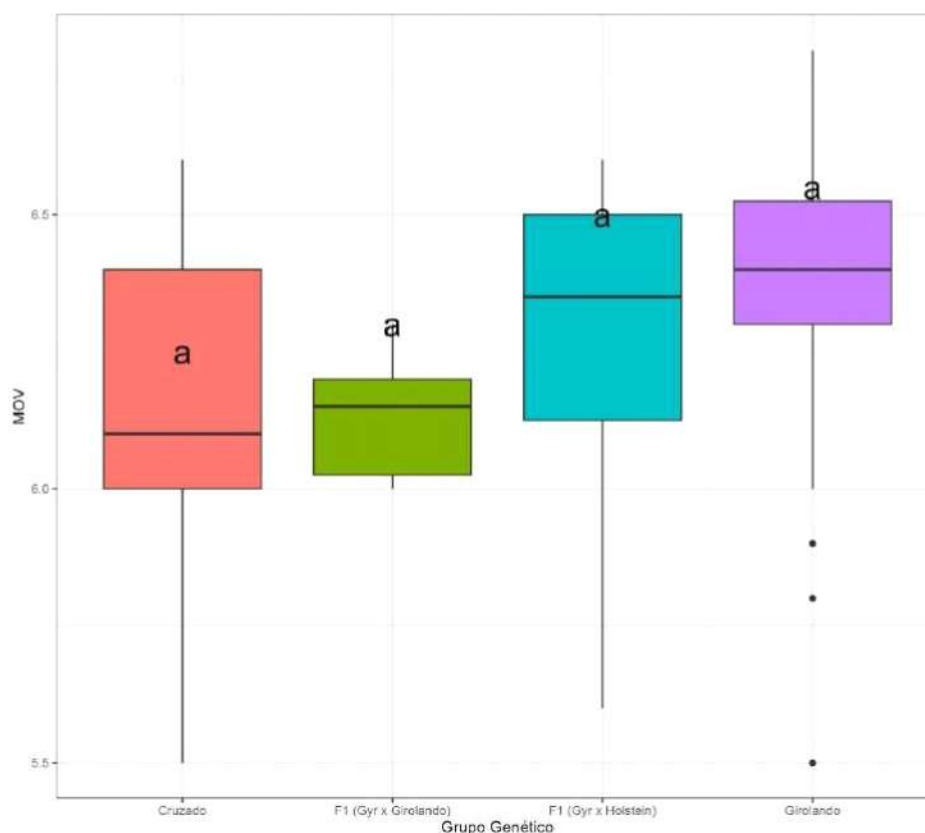


Figura 17. Efecto del grupo genético sobre la movilidad en vacas lecheras.

4.16 Ubre

La conformación de la ubre es uno de los rasgos más importantes en la evaluación lineal del ganado lechero, ya que está directamente relacionada con la producción de leche y la salud de la glándula mamaria. Una ubre bien desarrollada, simétrica y correctamente adherida al cuerpo del animal facilita el ordeño y reduce el riesgo de enfermedades como la mastitis. De acuerdo con Marshall et al. (2024), las características morfológicas de la ubre tienen una relación directa con la eficiencia productiva y la longevidad del animal dentro del sistema lechero. Sin embargo, algunos estudios indican que estos rasgos presentan heredabilidad moderada o baja, lo que puede reducir las diferencias fenotípicas entre animales bajo condiciones de manejo similares (Medeiros et al., 2024).

Tabla 19. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la ubre en vacas lecheras.

Ubre					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Grupo Genético	3	14.27565	4.758552	0.9972231	0.4007981
Residuals	57	271.99274	4.771802	NA	NA

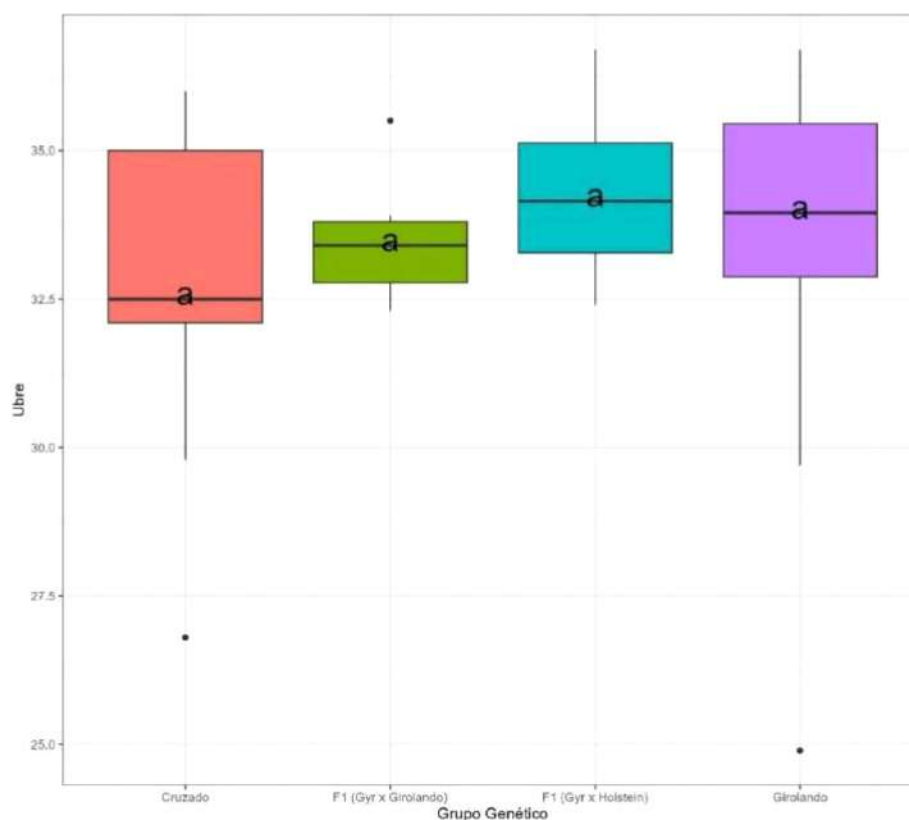


Figura 18. Efecto del grupo genético sobre la ubre en vacas lecheras.

4.17 Inserción anterior de la ubre (IAU)

La inserción anterior de la ubre se refiere al grado de adherencia de la ubre al abdomen del animal. Una inserción fuerte y bien definida permite una mejor distribución del peso de la ubre y contribuye a mantener su posición durante la lactancia. Según Piccardi et al. (2012), las vacas con mejor inserción anterior presentan menor riesgo de lesiones en el sistema mamario y mayor facilidad durante el ordeño. Asimismo, una adecuada inserción anterior contribuye a la longevidad funcional del sistema mamario, lo que favorece la permanencia productiva del animal dentro del hato.

Tabla 20. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la inserción anterior de la ubre en vacas lecheras.

Inserción anterior de la ubre					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Grupo Genético	3	2.196388	0.7321294	1.85273	0.1479263
Residuals	57	22.524267	0.3951626	NA	NA

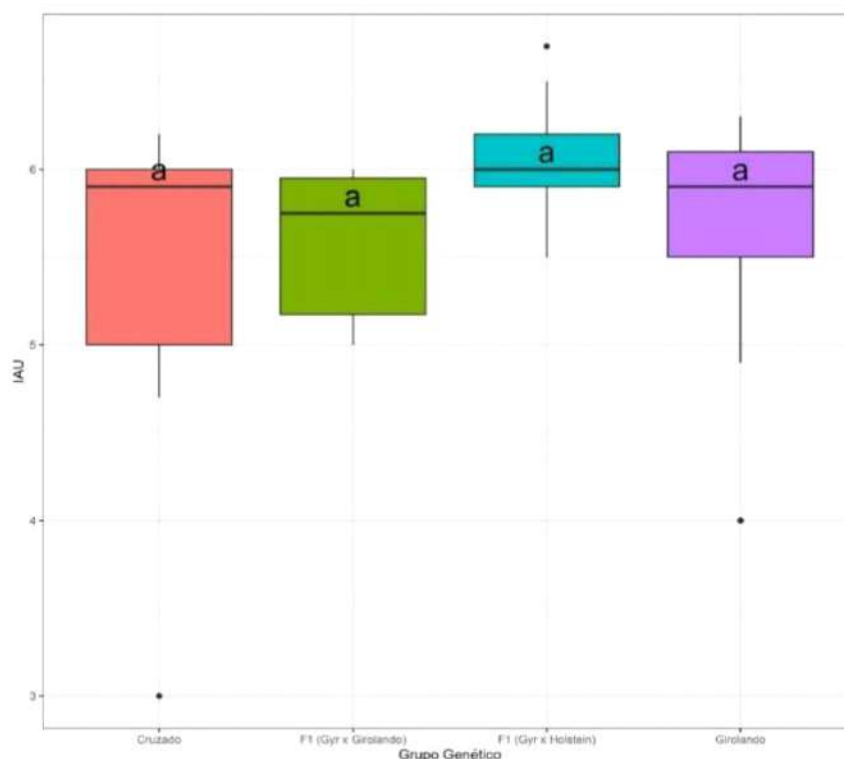


Figura 19. Efecto del grupo genético sobre e la inserción anterior de la ubre en vacas lecheras.

4.18 Inserción posterior de la ubre (IPU)

La inserción posterior de la ubre está relacionada con la altura y el soporte de la ubre en la región posterior del animal. Una inserción posterior alta y fuerte permite una mayor capacidad de almacenamiento de leche y reduce el riesgo de caída prematura de la ubre con la edad. Según Marshall et al. (2024), este rasgo es uno de los principales indicadores de la capacidad productiva del sistema mamario, ya que influye en la distribución del tejido glandular y en la eficiencia del ordeño.

Tabla 21. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la inserción posterior de la ubre en vacas lecheras.

Inserción posterior de la ubre					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Grupo Genético	3	0.9414374	0.3138125	0.8972689	0.4482744
Residuals	57	19.9352839	0.3497418	NA	NA

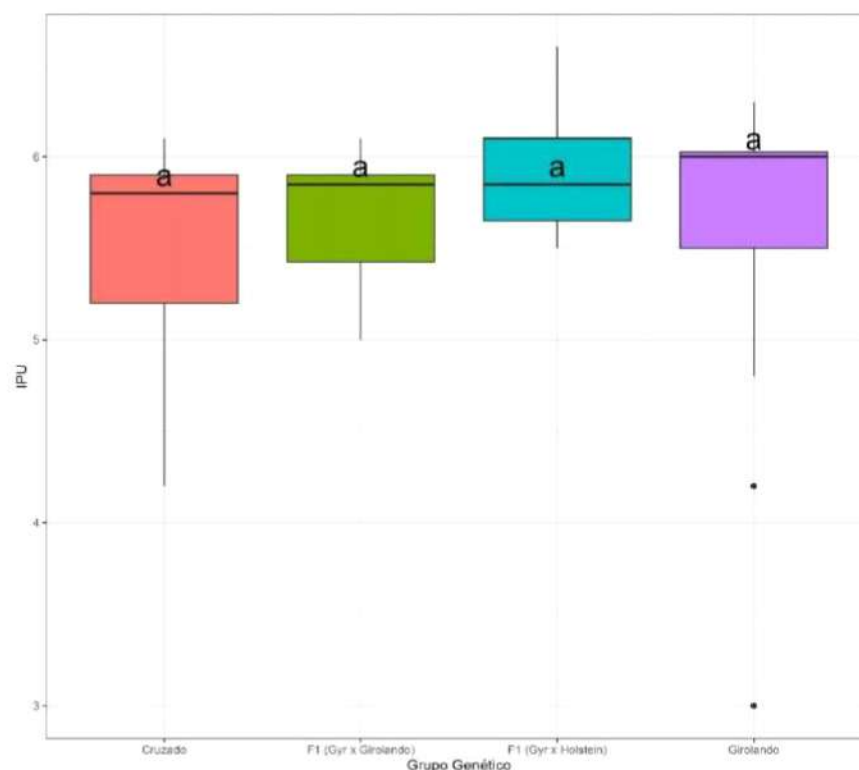


Figura 20. Efecto del grupo genético sobre la inserción posterior de la ubre en vacas lecheras.

4.19 Ligamento suspensor medio (LSM)

El ligamento suspensor medio es una estructura anatómica que divide la ubre en dos mitades y proporciona soporte al sistema mamario. De acuerdo con Piccardi et al. (2012), la fortaleza del ligamento suspensor medio es un factor clave para mantener la funcionalidad del sistema mamario durante la vida productiva del animal. Una adecuada conformación de esta estructura contribuye a la longevidad de la ubre y a la eficiencia del ordeño.

Tabla 22. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre el ligamento suspensor medio en vacas lecheras.

LSM					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Grupo Genético	3	0.4278953	0.1426318	1.579103	0.2043945
Residuals	57	5.1484982	0.0903245	NA	NA

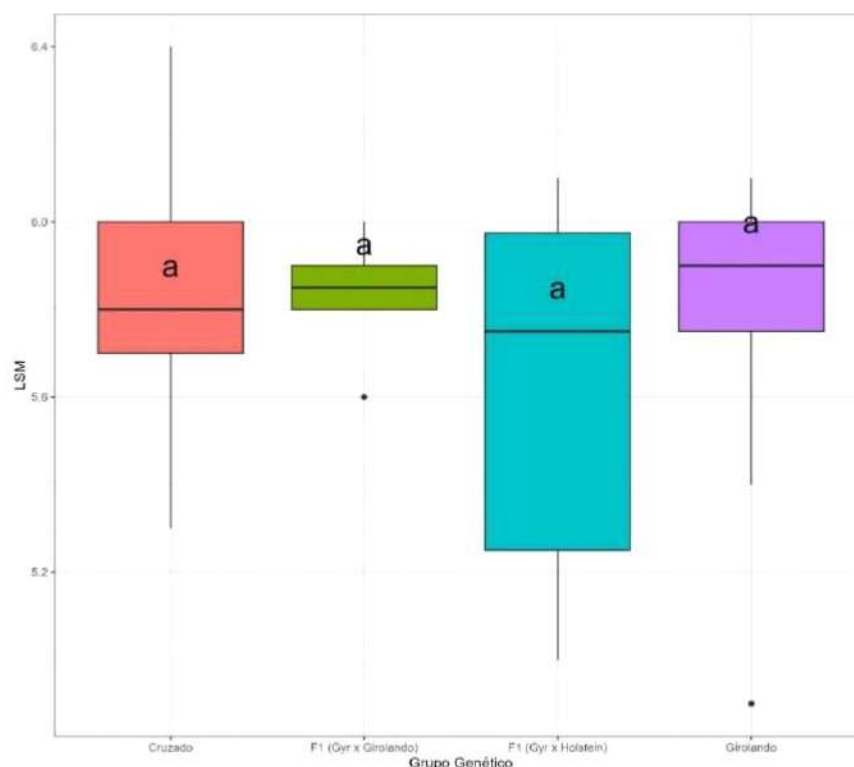


Figura 21. Efecto del grupo genético sobre el ligamento suspensor medio en vacas lecheras.

4.20 Anchura de la inserción posterior de la ubre (AIPU)

La anchura de la inserción posterior de la ubre refleja el desarrollo del tejido mamario en la parte posterior del animal. Una mayor anchura permite una mayor superficie de inserción de la ubre y favorece el desarrollo del tejido glandular encargado de la producción de leche. Según Getu y Misganaw (2015), esta característica está relacionada con la capacidad de almacenamiento de leche y con la estabilidad estructural del sistema mamario.

Tabla 23. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la anchura de la inserción posterior de la ubre en vacas lecheras.

AIPU					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Grupo Genético	3	0.208982	0.0696607	0.7763343	0.5120439
Residuals	57	5.114624	0.0897303	NA	NA

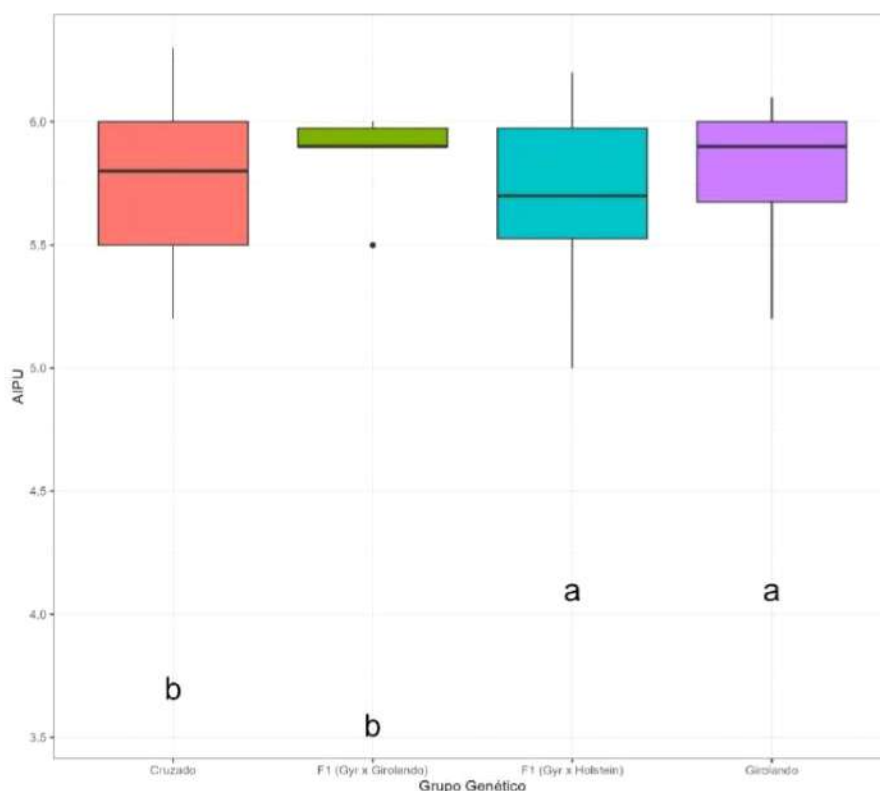


Figura 22. Efecto del grupo genético sobre la anchura de la inserción posterior de la ubre en vacas lecheras.

4.21 Profundidad de la ubre (PU)

La profundidad de la ubre se refiere a la distancia entre la base de la ubre y el corvejón del animal. Una ubre demasiado profunda puede aumentar el riesgo de lesiones y contaminación, mientras que una ubre bien posicionada facilita el ordeño y mejora la salud mamaria. De acuerdo con Piccardi et al. (2012), las vacas con ubres menos profundas suelen presentar mejor funcionalidad del sistema mamario y menor incidencia de problemas sanitarios.

Tabla 24. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la profundidad de la ubre en vacas lecheras.

PU					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Grupo Genético	3	1.218257	0.4060855	0.6925557	0.5603714
Residuals	57	33.422399	0.5863579	NA	NA

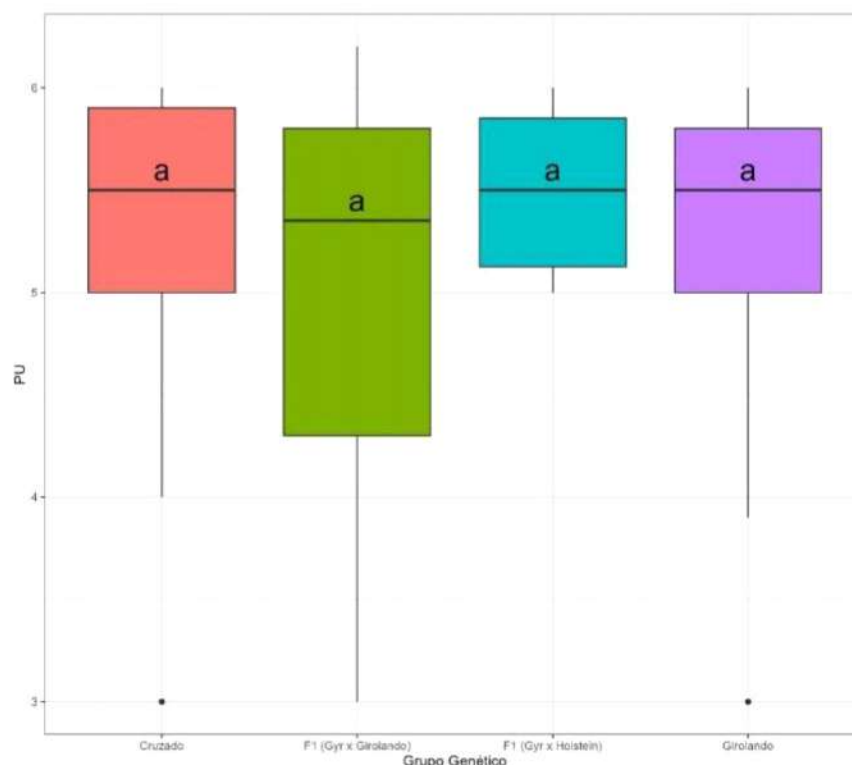


Figura 23. Efecto del grupo genético sobre la profundidad de la ubre en vacas lecheras.

4.22 Colocación de pezones (CP)

La colocación de pezones es un rasgo importante dentro de la evaluación morfológica del sistema mamario, ya que influye directamente en la eficiencia del ordeño y en la salud de la glándula mamaria. Una correcta posición de los pezones facilita la colocación de los equipos de ordeño y reduce el riesgo de lesiones o infecciones. Según Marshall et al. (2024), la posición adecuada de los pezones se asocia con una menor incidencia de mastitis y con una mayor eficiencia en los sistemas de ordeño mecánico.

Tabla 25. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la colocación de pezones en vacas lecheras.

CP					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Grupo Genético	3	0.7657237	0.2552412	0.554501	0.647223
Residuals	57	26.2375549	0.4603080	NA	NA

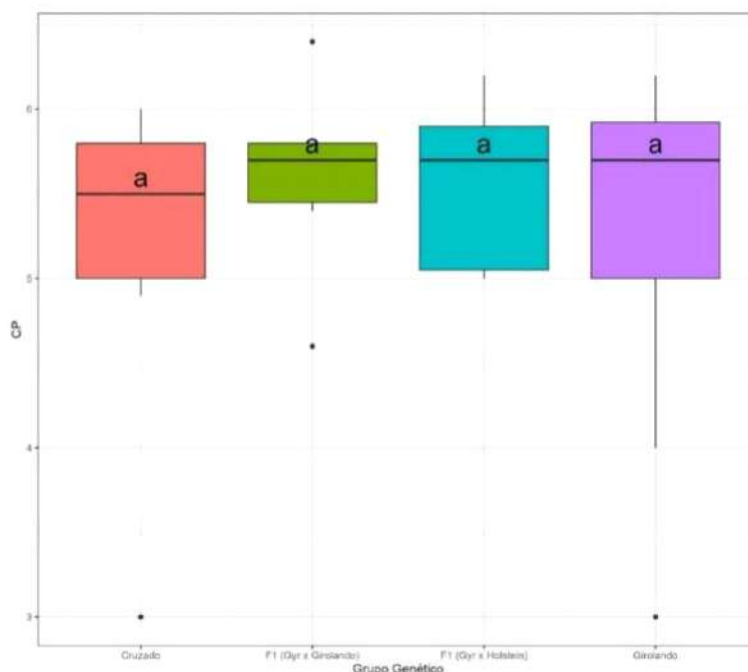


Figura 24. Efecto del grupo genético sobre la colocación de pezones en vacas lecheras.

4.23 Calificación final

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre los grupos genéticos para la calificación lineal final ($p = 0.009$).

Este resultado indica que, al considerar de forma integral todas las características morfológicas evaluadas, existen diferencias estructurales importantes entre los grupos genéticos estudiados. La calificación lineal permite integrar múltiples rasgos morfológicos relacionados con la funcionalidad productiva, la longevidad y la eficiencia del animal dentro del sistema lechero.

Según la Holstein Association USA (2012), los animales con mayor puntuación en la evaluación lineal suelen presentar mejor conformación estructural, mayor longevidad productiva y mejores niveles de desempeño durante su vida productiva.

Tabla 26. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la calificación final en vacas lecheras.

Calificación final					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Grupo Genético	3	175.0501	58.35004	4.231258	0.0090591
Residuals	57	786.0433	13.79023	NA	NA

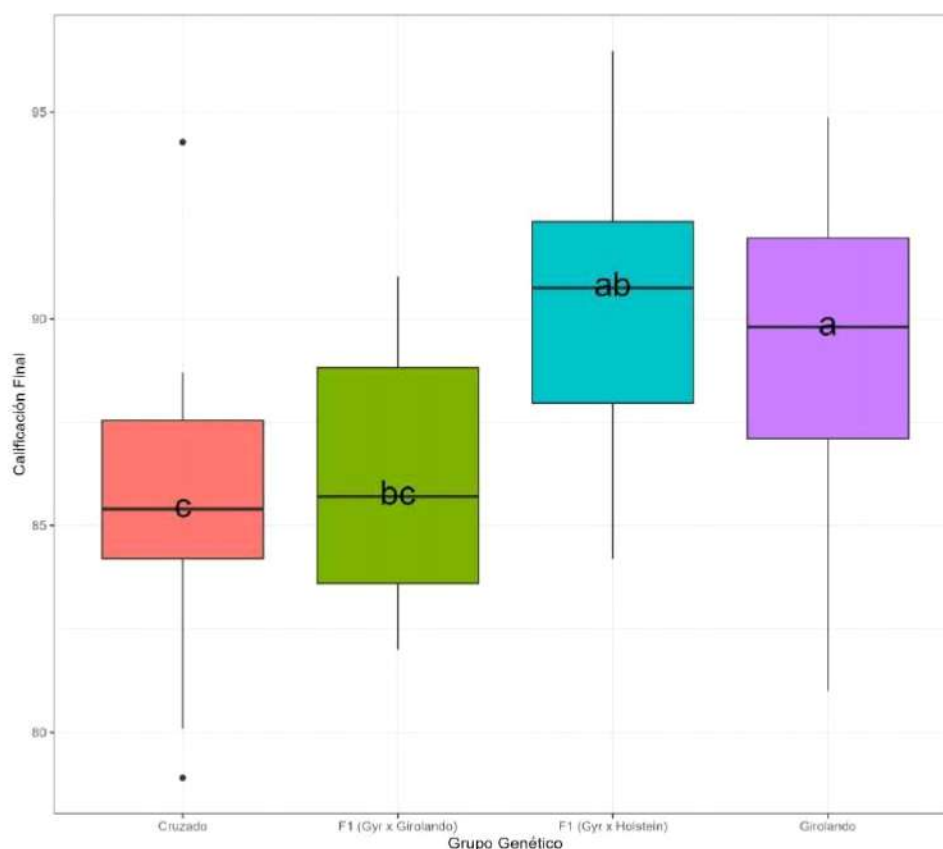


Figura 25. Efecto del grupo genético sobre la calificación final en vacas lecheras.

4.24 Producción de leche diaria (PDL)

La producción de leche diaria (PDL) representa un indicador directo del rendimiento productivo de las vacas lecheras durante el período de lactancia. Este parámetro permite evaluar la eficiencia productiva del animal en términos de la cantidad de leche producida por día, lo cual resulta fundamental para la rentabilidad de los sistemas de producción lechera.

En el presente estudio, la producción de leche diaria reflejó el comportamiento productivo de los diferentes grupos genéticos evaluados. Las diferencias observadas pueden estar relacionadas con factores genéticos, fisiológicos y ambientales que influyen en la capacidad productiva de los animales. La genética desempeña un papel fundamental en la producción de leche, ya que ciertas razas han sido seleccionadas durante décadas por su alta capacidad productiva, mientras que otras se destacan por su adaptabilidad a condiciones ambientales adversas (Hansen, 2004).

La producción diaria de leche también está influenciada por características morfológicas y funcionales del animal, especialmente aquellas relacionadas con la conformación de la ubre y la capacidad corporal. Vacas con una buena estructura corporal y un sistema mamario bien desarrollado suelen presentar una mayor eficiencia en la producción y secreción de leche (Berry et al., 2007). En este sentido, la evaluación conjunta de características lineales y productivas permite comprender mejor la relación entre la morfología del animal y su desempeño productivo.

Además, factores de manejo como la alimentación, la frecuencia de ordeño y el estado sanitario del animal pueden afectar significativamente la producción diaria de leche. Una nutrición adecuada durante la lactancia es esencial para mantener niveles óptimos de producción, ya que el animal requiere grandes cantidades de energía y nutrientes para sostener la síntesis de leche (Bauman & Currie, 1980).

En sistemas de producción tropical, la producción diaria puede verse afectada por condiciones ambientales como altas temperaturas y humedad relativa, factores que pueden provocar estrés térmico en los animales y reducir su consumo de alimento y su capacidad productiva (Hansen, 2004). Por esta razón, el uso de animales cruzados adaptados al trópico ha sido una estrategia ampliamente utilizada para mantener niveles adecuados de producción en estos sistemas.

Tabla 27. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la producción de leche diaria en vacas lecheras.

PDL					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Grupo Genético	3	102.9321	34.31070	2.563902	0.0747191
Residuals	28	374.7021	13.38222	NA	NA

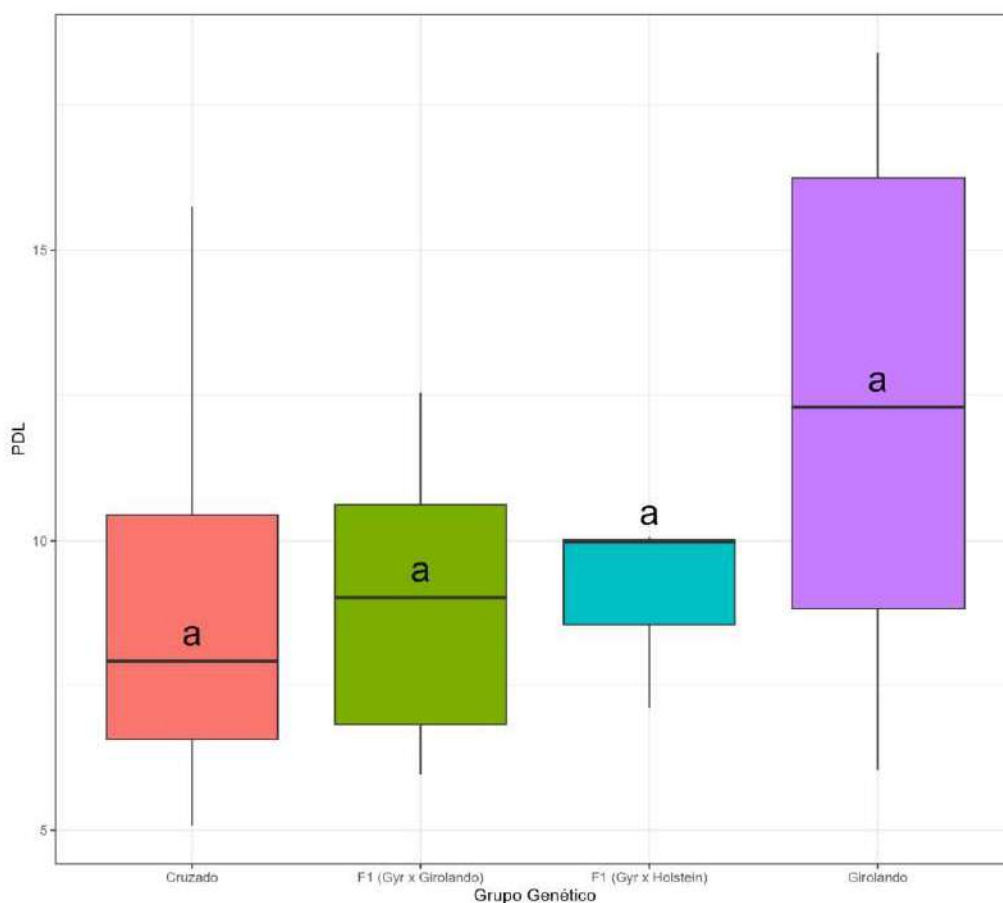


Figura 26. Efecto del grupo genético sobre la producción de leche diaria en vacas lecheras.

4.25 Producción ajustada 305 días (P305)

La producción de leche ajustada a 305 días es uno de los indicadores más utilizados en la evaluación del rendimiento productivo en bovinos lecheros, ya que permite estandarizar la producción durante una lactancia completa y facilita la comparación entre animales y sistemas de producción. En el presente estudio, la producción ajustada a 305 días permitió evaluar el desempeño productivo de los diferentes grupos genéticos bajo condiciones similares de manejo y alimentación.

Las variaciones observadas en la producción ajustada pueden atribuirse a diversos factores, entre ellos el potencial genético de los animales, las condiciones ambientales, la nutrición y las prácticas de manejo implementadas en el sistema productivo. En particular, los cruzamientos entre razas especializadas en producción de leche y razas adaptadas a condiciones tropicales han demostrado mejorar el rendimiento productivo debido al fenómeno de heterosis o vigor híbrido, lo cual contribuye a una mayor eficiencia productiva y adaptación al medio ambiente (Madalena, 2008).

Diversos estudios han demostrado que la producción ajustada a 305 días es una herramienta fundamental para evaluar el desempeño productivo de vacas lecheras, ya que permite eliminar variaciones asociadas a la duración de la lactancia y proporciona una estimación más precisa del potencial productivo del animal. Según VanRaden et al. (2006), este indicador es ampliamente utilizado en programas de mejoramiento genético para comparar animales dentro y entre poblaciones, facilitando la selección de individuos con mayor mérito genético para la producción de leche.

Asimismo, investigaciones realizadas en sistemas de producción tropical indican que las vacas provenientes de cruzamientos entre razas europeas y cebuinas suelen presentar niveles intermedios de producción de leche, combinando el potencial productivo de las razas especializadas con la capacidad de adaptación al clima cálido de las razas cebuinas (Madalena, 2012). Este tipo de combinación genética permite mejorar la productividad en sistemas de producción tropicales donde las condiciones ambientales pueden limitar el desempeño de razas puras altamente especializadas.

Por lo tanto, la evaluación de la producción ajustada a 305 días constituye una herramienta importante para analizar el comportamiento productivo del ganado lechero y para identificar animales con mayor potencial productivo dentro del hato.

Tabla 28. Análisis de varianza para evaluar en efecto del grupo genético sobre la producción ajustada 305 días en vacas lecheras.

P305					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Grupo Genético	3	9575258	3191753	2.563902	0.0747191
Residuals	28	34856660	1244881	NA	NA

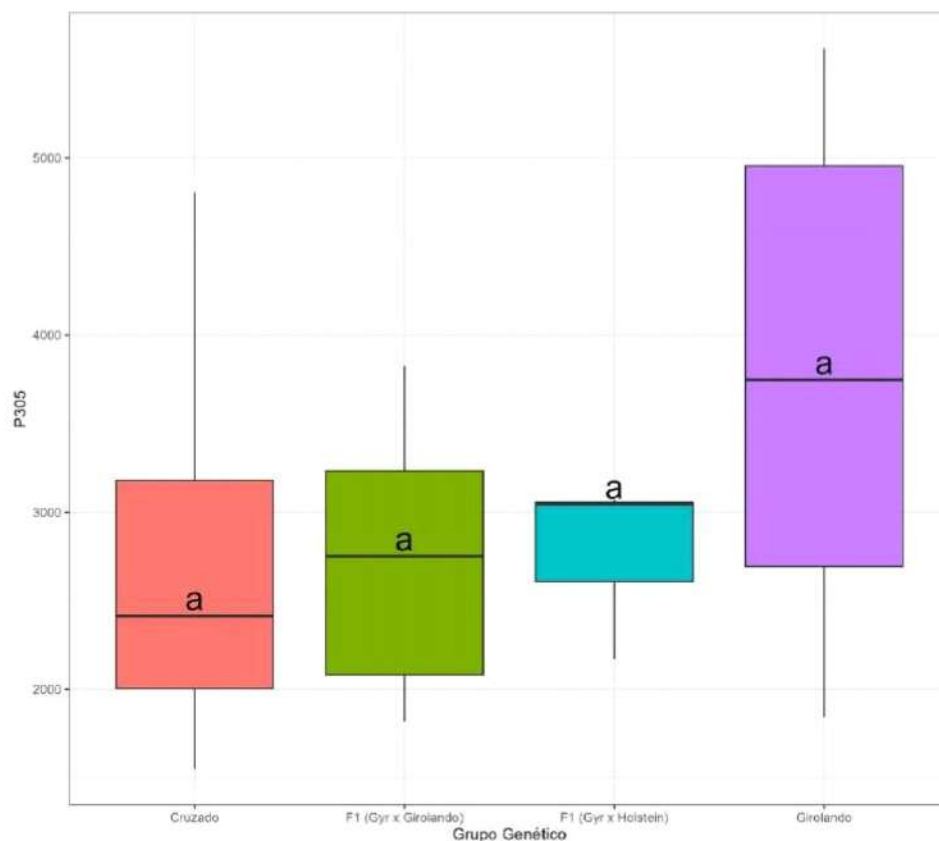


Figura 27. Efecto del grupo genético sobre la producción ajustada 305 días en vacas lecheras.

4.26. Análisis de Componentes Principales (PCA)

El análisis del círculo de correlación (proyección de variables) permite evaluar las interrelaciones lineales entre los rasgos morfológicos, ponderales y de producción láctea, así como su peso matemático sobre los dos primeros componentes principales individuales, los cuales acumulan el 57.3% de la varianza total explicada (Dim1: 41.2%; Dim2: 16.1%).

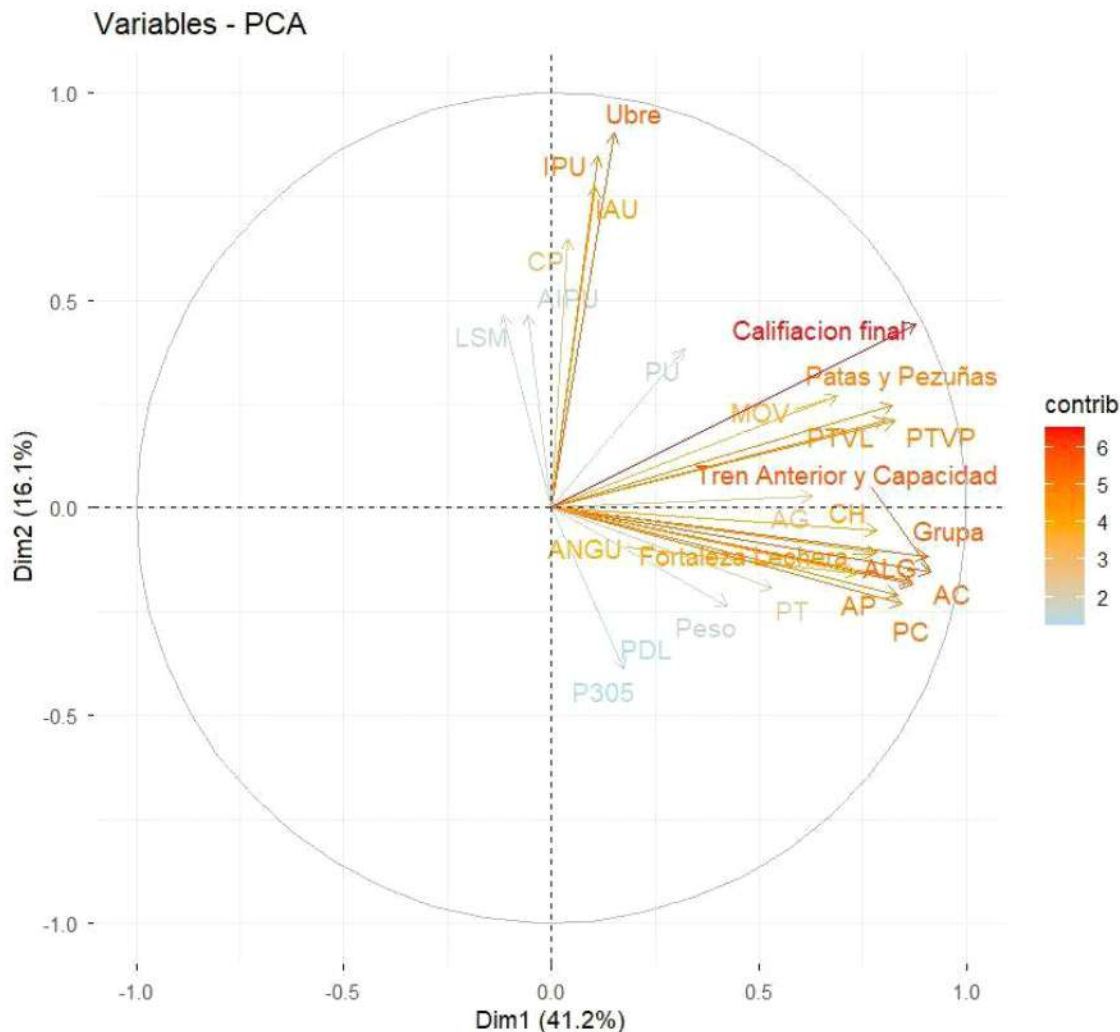


Figura 28. Gráfico de correlación de variables y círculo de correlación del Análisis de Componentes Principales (PCA) para rasgos morfológicos, lineales, ponderales y productivos de vacas lecheras. La escala de color indica el porcentaje de contribución de cada variable.

Estadísticamente, la longitud de los vectores proyectados es un indicador directo de la calidad de representación de las variables dentro del espacio bidimensional; los vectores que alcanzan o rozan la periferia del círculo de radio unitario ($r = 1.0$) exhiben un coseno cuadrado ($\cos^2$) elevado, denotando un alto valor informativo.

La Dim1 se comporta fundamentalmente como un índice de conformación lineal, estructura anatómica y robustez corporal.

Las variables con mayor carga factorial (loadings) y contribución relativa ($\text{contrib} > 5.0$, representadas en tonalidades rojo-anaranjadas) hacia el extremo positivo de este eje son la Calificación final, Patas y Pezuñas, Grupa, Tren Anterior y

Capacidad, y medidas lineales asociadas a la masa y dimensiones de la pelvis/esqueleto (como PC, AC, AP, ALG).

La proximidad angular estrecha (ángulos agudos de baja magnitud) entre estos vectores evidencia una alta correlación positiva inter-rasgo. Desde una perspectiva zootécnica, esto demuestra que el incremento en las dimensiones estructurales y de capacidad de la vaca ejerce un efecto sinérgico directo sobre el puntaje de calificación morfológica final y la idoneidad del sistema locomotor.

La Dim2 discrimina las variables bajo un criterio de antagonismo biológico o independencia entre el sistema mamario y la aptitud productiva/ponderal.

En el cuadrante superior positivo de la Dim2 se proyectan de forma agrupada las variables del sistema mamario: Ubre, e índices relacionados (IPU, AU, AIPU), destacando el vector Ubre en un color naranja intenso debido a su alta contribución intrínseca en este componente.

De manera opuesta (ortogonal o en sentido inverso), en el cuadrante inferior se proyectan las variables de producción y masa corporal: PDL (Producción de leche), P305 (Producción a 305 días), Peso y PT (Perímetro Torácico).

4.27. Relaciones de Independencia y Correlación Estadística

Independencia Estricta ($\sim 90^\circ$): El vector de la variable Ubre forma un ángulo prácticamente recto (90°) con respecto a variables estructurales como la Grupa, Tren Anterior y PC. Estadísticamente, esto demuestra que el coeficiente de correlación de Pearson (r) entre el tipo/soporte de la ubre y el tamaño de la grupa es cercano a cero. Genéticamente, implica que la selección para mejorar la estructura corporal no penaliza ni beneficia de manera automática la calidad del sistema mamario en este lote de estudio.

Correlación Inversa o Contrapuesta ($> 90^\circ$): Los vectores de producción láctea (PDL, P305) y desarrollo corporal (Peso, PT) se abren en un ángulo obtuso o semi-opuesto con respecto a los vectores de características de la Ubre (e.g., AU, IPU). Esto describe estadísticamente una correlación negativa moderada, lo cual se explica biológicamente por el estrés morfológico y ligamentos que sufren las ubres a mayor volumen de producción láctea o mayor peso del animal, un desafío ampliamente documentado en vacas cruzadas expuestas al trópico.

El PCA aplicado a las variables productivas, ponderales y de conformación fenotípica retuvo dos dimensiones principales que explican conjuntamente el 67.4% de la varianza total observada. La primera dimensión (Dim1) capturó el 44.4% de la variabilidad, mostrando una fuerte asociación positiva con las características morfológicas, la estructura corporal y la calidad del sistema mamario (Tren Anterior

y Capacidad, Fortaleza Lechera, Grupa, Patas y Pezuñas, Puntos Totales). Por su parte, la segunda dimensión (Dim2) explicó el 23.0% de la varianza restante y estuvo determinada fundamentalmente por el potencial de producción de leche (PDL y P305) y el desarrollo ponderal (Peso y Perímetro Torácico). Este ordenamiento bidimensional reveló un solapamiento notable entre los grupos genéticos en las regiones cercanas al origen (0,0), lo que sugiere una base fenotípica compartida bajo las condiciones ambientales y de manejo evaluadas. No obstante, se evidenciaron patrones de dispersión y divergencia espacial claros entre las poblaciones evaluadas (Figura 28).

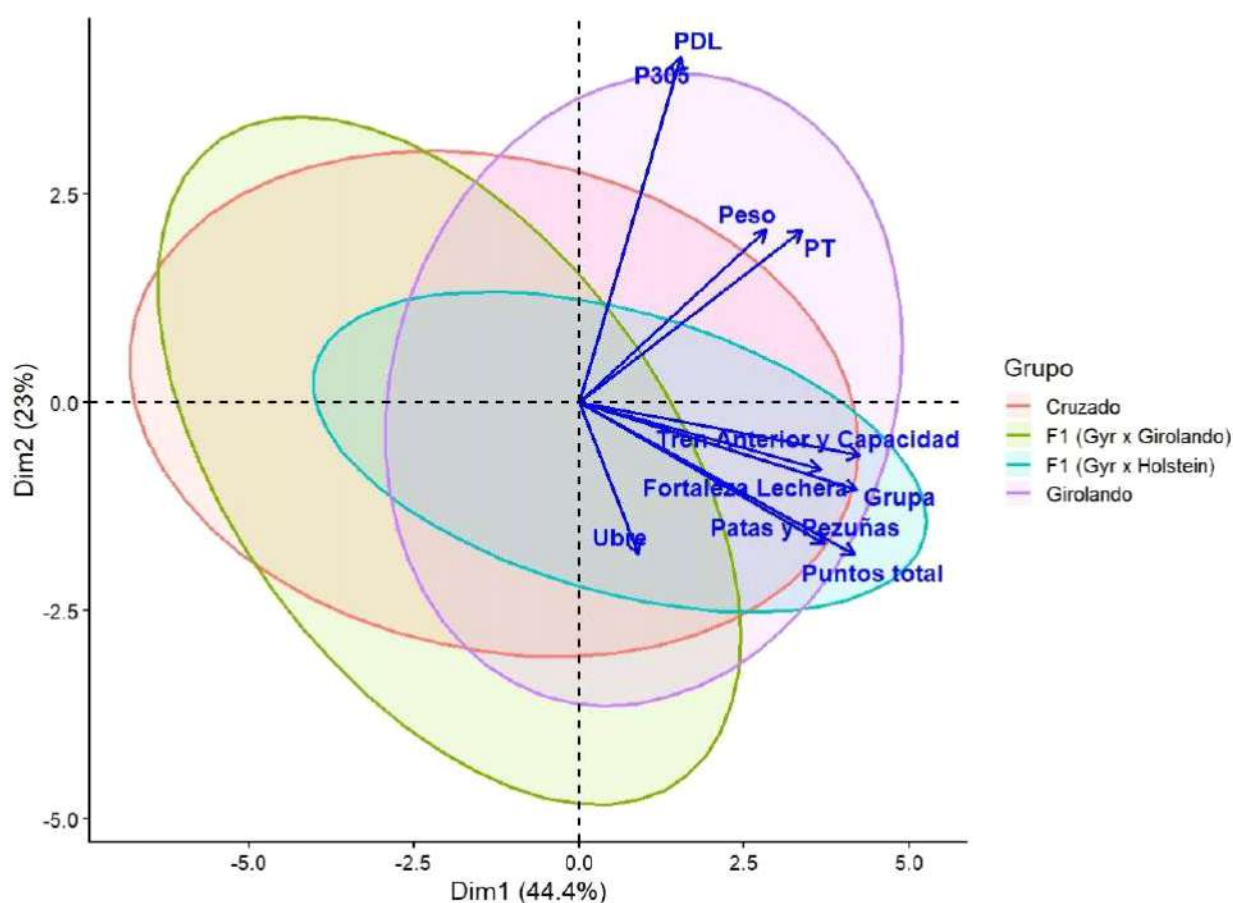


Figura 29. Gráfico bidimensional (Biplot) de componentes principales (Dim1: 44.4%, Dim2: 23%) que ilustra la dispersión fenotípica de bovinos Girolando, cruces F1 (Gyr x Holstein; Gyr x Girolando) y animales cruzados, en función de rasgos productivos (PDL, P305).

El grupo Girolando (Morado) manifestó un desplazamiento marcado hacia el cuadrante superior derecho, posicionando a individuos como el 1490, 718 y 234 en

alineación directa con los vectores de máxima producción láctea (PDL, P305) y peso corporal. Esta marcada superioridad productiva coincide con lo expuesto por Facó et al. (2002), quienes sostienen que la de fijación de la composición 5/8 Holstein $\times$ 3/8 Gyr logra estabilizar características de persistencia láctea óptimas, minimizando la caída en el rendimiento que suele ocurrir en generaciones avanzadas debido a la pérdida de heterosis. Asimismo, la ubicación ventajosa de este grupo respecto al peso y perímetro torácico corrobora los hallazgos de Assis et al. (2013), quienes identificaron que el Girolando de composición fija mantiene una robustez corporal idónea para soportar el estrés metabólico de altas producciones en ambientes tropicales hostiles.

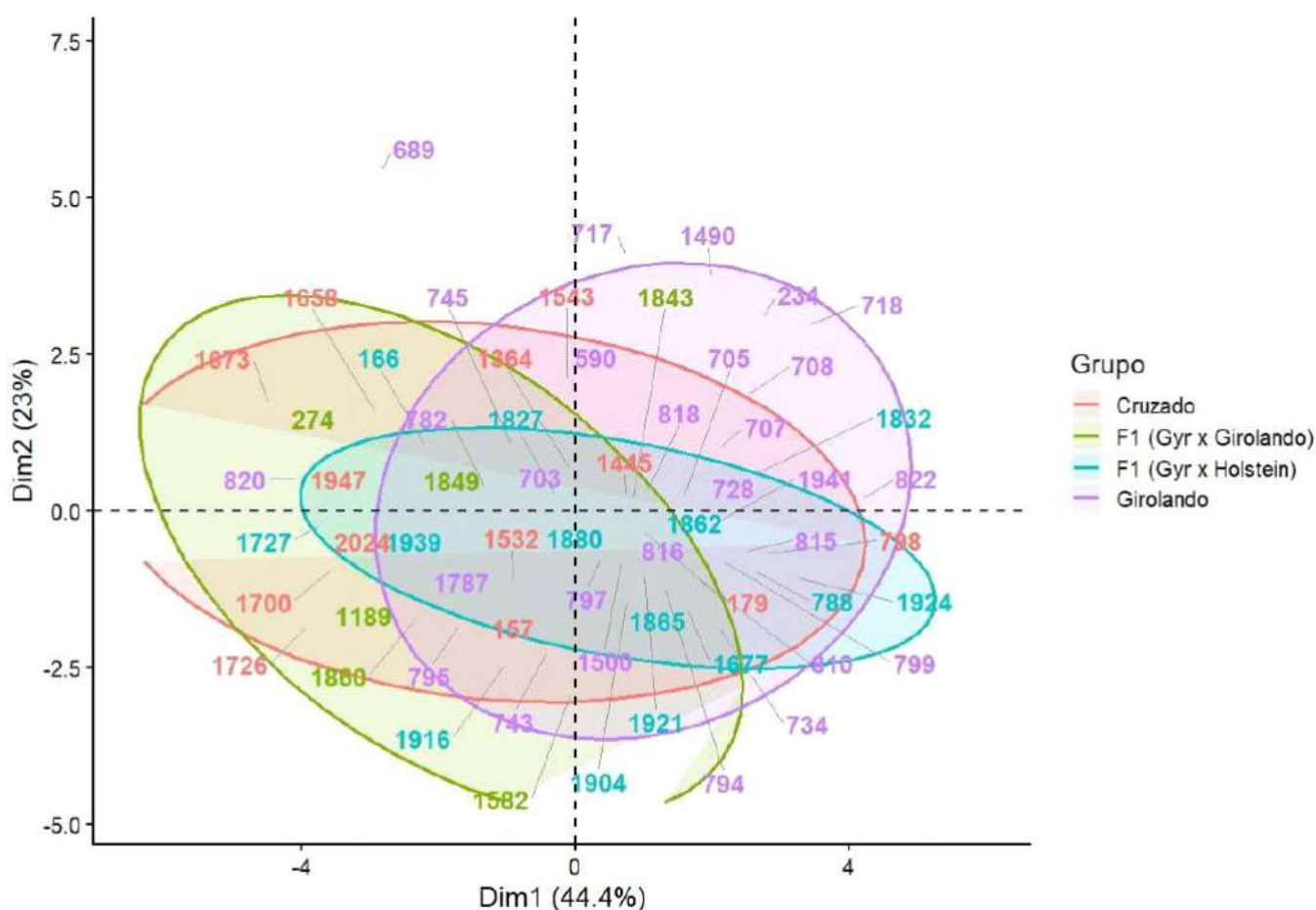


Figura 30. Distribución y dispersión fenotípica individual de bovinos Girolando, cruces F1 (Gyr $\times$ Holstein; Gyr $\times$ Girolando) y animales cruzados mediante Análisis de Componentes Principales.

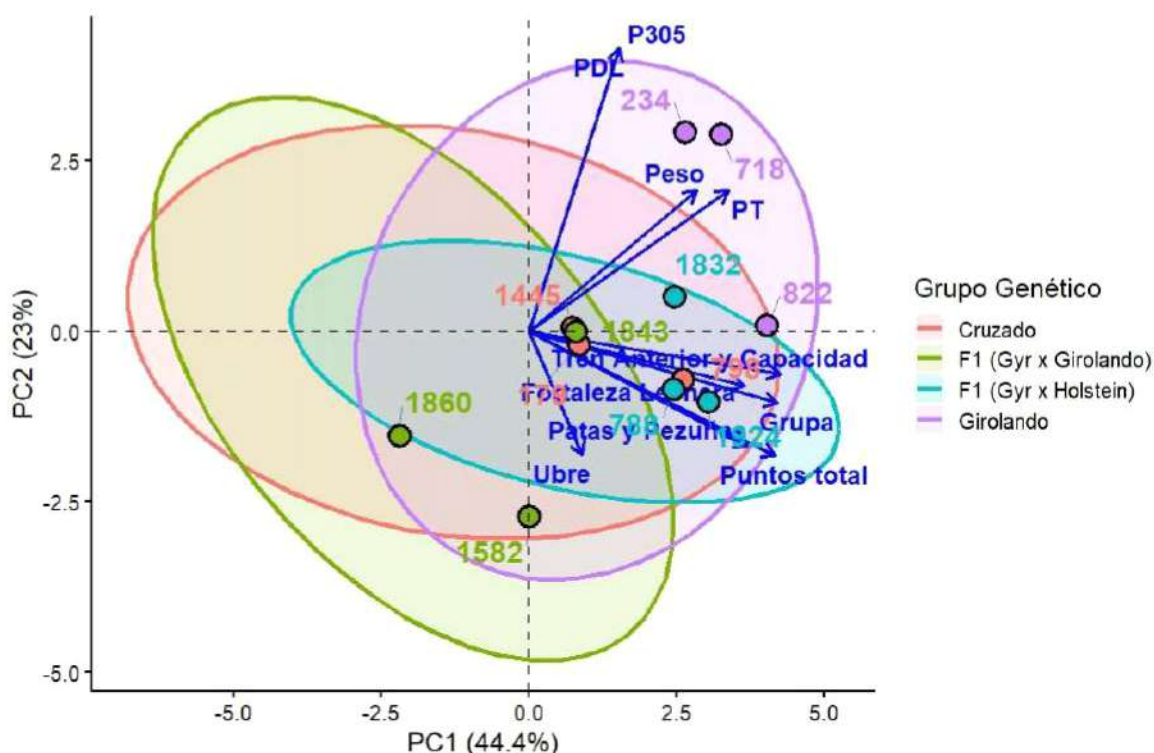


Figura 31. Gráfico simultáneo (Biplot) de componentes principales que integra la ordenación de los animales individuales y la proyección de los vectores de carga para variables morfo-productivas y ponderales en los cuatro grupos genéticos evaluados.

Por otro lado, el grupo F1 (Gyr $\times$ Holstein) (Turquesa) exhibió un agrupamiento compacto y elongado hacia el cuadrante inferior derecho. Ejemplares como el 1924, 788 y 1862 demostraron una estrecha asociación con los vectores de conformación morfológica, estructura y puntos totales, destacando en características de tipo y sistema mamario, pero con un nivel de producción inferior al Girolando. Este comportamiento fenotípico concuerda con las investigaciones de Vercesi Filho et al. (2007), quienes documentaron que el cruce directo de primera generación (F1 puro) maximiza el vigor híbrido (heterosis individual), heredando de manera directa la extraordinaria conformación y simetría mamaria del parental Holstein europeo, junto a la fortaleza de pezuñas característica del Gyr. La densidad y compactación observada en la elipse turquesa ratifica el postulado de Madalena et al. (2012), quienes afirman que los cruces F1 estrictos (Bos taurus $\times$ Bos indicus) exhiben una uniformidad fenotípica fenomenal, lo que los hace predecibles y altamente eficientes para hatos comerciales de doble propósito en el trópico.

Un punto crítico de debate surge al analizar el comportamiento del grupo F1 (Gyr $\times$ Girolando) (Verde), el cual representa una absorción teórica hacia el componente

cebuíno que equivale a una composición aproximada de 11/16 Gyr y 5/16 Holstein. La elipse de este grupo se elongó significativamente hacia los cuadrantes izquierdos (valores negativos de Dim1 y Dim2), reflejando un retraso en los índices de producción láctea y desarrollo estructural respecto a las otras poblaciones. Este desplazamiento hacia menores valores productivos tipifica el riesgo zootécnico discutido por Perotto et al. (2010), quienes advierten que al cruzar una base pura (100% Gyr) con una raza compuesta (Girolando), se interrumpe la complementariedad genética previamente fijada, incrementando la proporción de genes de aptitud adaptativa a expensas del potencial lechero.

Además, la enorme dispersión y desuniformidad de este grupo verde refleja la recombinación genética descontrolada que ocurre en la segregación de gametos cuando intervienen parentales compuestos, un efecto ampliamente descrito por Faria et al. (2009). Esto explica por qué animales como el 1189 o el 1582 muestran un desvío negativo tan drástico en el gráfico. No obstante, la presencia de individuos balanceados en la zona central alta (como el 1843) demuestra que, aunque el promedio del grupo decrece en producción, la selección individual rigurosa apoyada en herramientas multivariadas sigue siendo viable para rescatar genotipos rústicos tolerantes a ambientes de baja disponibilidad tecnológica, tal como sugieren Lôbo et al. (2011).

Finalmente, el grupo Cruzado (Rojo) mostró un comportamiento intermedio y una alta heterogeneidad, abarcando una amplia superficie del biplot. Como señalan Santana et al. (2014), la ausencia de criterios de cruzamiento definidos en las ganaderías tropicales genera poblaciones altamente variables e impredecibles, lo que penaliza la eficiencia económica global del hato. Este escenario reafirma la utilidad del Análisis de Componentes Principales como una herramienta objetiva para el descarte selectivo y la identificación de reemplazos élite dentro de poblaciones heterogéneas.

CONCLUSIONES

- Se demostró un impacto directo sobre la morfología estructural (alzada, perímetro torácico, capacidad y fortaleza lechera) y la calificación lineal final, existiendo diferencias significativas entre los grupos genéticos; no obstante, los sistemas mamario y locomotor exhibieron homogeneidad estadística bajo las condiciones de manejo evaluadas.
- El Análisis de Componentes Principales determinó que la estructura ósea y la capacidad corporal (Dim1) constituyen la mayor fuente de variación entre los distintos grupos genéticos evaluados, mientras que los rasgos de ubre y producción de leche diaria y a 305 días (Dim2) presentaron menor variación.
- Las herramientas multivariadas permitieron seleccionar objetivamente a los animales, identificando que el grupo Girolando sobresale por su mérito productivo relacionado a una buena condición corporal, mientras que el cruce F1 (Gyr x Holstein) se destaca por su alta uniformidad y conformación de tipo ideal para el ordeño.
- Se comprobó que el cruce F1 (Gyr x Girolando) presentó un menor desempeño en la producción de leche y en la estructura morfológica lineal debido posiblemente al mayor aporte de pureza en la raza Gyr poco seleccionada, lo que indica la necesidad de aplicar una selección individual continua y el descarte de animales que presentan baja calificación lineal, antes de su incorporación a programas reproductivos.

RECOMENDACIONES

- Implementar la calificación morfológica lineal de forma permanente y rutinaria dentro del hato de la empresa lechera, permitiendo consolidar una base de datos fenotípica robusta para monitorear el progreso fenotípico en el hato bovino.
- Priorizar los criterios de selección basados en la salud del sistema mamario (inserciones y ligamentos adecuados) y del sistema locomotor dentro de los programas reproductivos, asegurando animales funcionales que reduzcan el descarte involuntario y extiendan su longevidad productiva.
- Debido a la alta variación y la baja producción detectado en el cruce F1 (Gyr × Girolando), se recomienda evaluar minuciosamente a estas novillas antes de incorporarlas definitivamente al programa reproductivo o la línea de ordeño, prefiriendo mantener la uniformidad con el grupo Girolando o el F1 tradicional (Gyr × Holstein).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alsaad, M., Fadul, M., & Steiner, A. (2022). Locomotion and structural soundness in dairy cattle and their relationship with animal welfare and productivity. *Journal of Dairy Science*, 105(3), 1935–1948. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20854>
- Arauz, E. (2012). Biología somática del Holstein y Pardo Suizo en Panamá. En: Producción Bovina de Leche. Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá.
- Arauz E., Hernandez, E. P., Barillas, E., & Cedeño, D. (2014). *¿Cuál es la mejor opción genética racial funcional para la producción bovina lechera en el clima Tropical*. Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá.
- Araúz, E., Araúz E. & Montezuma, A. (2020). Perfil de la curva de lactación y producción láctea comercial en vacas cebuínas y cruzadas en fincas lecheras con baja tecnología en el trópico. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, 2 (2), 49-68.
- Asociación colombiana de criadores de ganado cebú, ASOCEBU. (2024). Gyr.
- Assis, G. J. C., et al. (2013). Genetic parameters for milk yield and body weight in Girolando cattle. *Livestock Science*, 157(1), 56-61. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.06.021>
- Bauman, D. E., & Currie, W. B. (1980). Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *Journal of Dairy Science*, 63(9), 1514–1529. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)83111-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)83111-0)
- Berry, D. P., Buckley, F., Dillon, P., Evans, R. D., Rath, M., & Veerkamp, R. F. (2007). Genetic relationships among body condition score, body weight, milk yield, and fertility in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90(1), 219–232. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)72615-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)72615-5)
- Carvajal-Hernández, J., Valencia-Posadas, M., & Montaldo, H. (2002). Relación entre características morfológicas lineales y producción de leche en ganado bovino lechero. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 40(2), 131–141.

- Carvajal-Hernández M, Valencia-Heredia RE, Segura-Correa CJ. 2002. Duración de la lactancia y producción de leche de vacas Holstein en el Estado de Yucatán, México. *Revista Biomédica*. 13(1):25-31. <https://doi.org/10.32776/revbiomed.v13i1.292>
- Córdova-Izquierdo, A., Saltijeral-Oaxaca, J., Rodríguez-Ariza, G. Córdova-Jiménez, M., Córdova-Jiménez C., Pérez- Gutiérrez, J. & Guerra-Liera, J. (2005). Comportamiento reproductivo de razas bovinas de carne europeas en condiciones de trópico húmedo mexicano. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 4 (11), 1-5.
- Cortes-Hernández, J., Ruíz-Lopez, F. & García-Ruíz, A. (2022). Características de conformación asociadas a producción y composición de la leche de vacas Holstein. *Abanico veterinario*, 11, e125
- Cortés-Hernández, J., Valencia-Posadas, M., Montaldo, H. H., & Ruíz-López, F. J. (2022). Linear type traits and their relationship with milk production and functional traits in dairy cattle. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(2), 345–358. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i2.5897>
- Facó, O., et al. (2002). Desempenho produtivo de raças puras e cruzadas de bovinos leiteiros no Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(1), 399-406. <https://doi.org/10.32776/revbiomed.v13i1.292>
- Faria, F. J. C., et al. (2009). Genetic evaluation of Holstein × Gyr crossbred cattle in Brazil using a multi-breed animal model. *Journal of Dairy Science*, 92(11), 5723-5728.
DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2235>.
- Getu A. Misganaw G. (2015). The Role of Conformational Traits on Dairy Cattle Production and Their Longevities. *Library Journal*. 2:1-9. <https://doi.org/10.4236/oalib.1101342>
- Gonzáles, J. P., & WingChing-Jones, R. (2018). Producción y reproducción de vacas Holstein, Jersey y sus cruces en cinco localidades de Costa Rica. *UNED Research Journal*, 10(2), 422–427. <https://doi.org/10.22458/urj.v10i2.2171>

- Guerra M., R., Menéndez B., A., & Hernández R., 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.
- Hansen, P. J. (2004). Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. *Animal Reproduction Science*, 82–83, 349–360. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.011>
- Hernández-Hernández, N., Martínez-González, J. C., Manuel, P.-B. G., Cienfuegos-Rivas, E. G., Hernández-Hernández, N., Martínez-González, J. C., Manuel, P.-B. G., & Cienfuegos-Rivas, E. G. (2016). Importancia de la interacción genotipo x ambiente en rasgos de producción en ganado lechero. *CienciaUAT*, 10(2), 72–78. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-78582016000100072&script=sci_arttext&utm_source=chatgpt.com
- Holstein Association USA, Inc. (2024). Linear Descriptive Traits. Holstein Association USA, Inc. <https://www.holsteinusa.com>
- Holstein Association USA. (2012). *Holstein type classification: The complete guide*. Holstein Association USA. <https://www.holsteinusa.com>
- Lôbo, R. B., et al. (2011). Genetic trends for milk yield and age at first calving in Girolando cattle. *Genetics and Molecular Research*, 10(4), 3615-3622. DOI: <https://doi.org/10.4238/2011>.
- Madalena, F. E. (2008). Dairy cattle breeding in the tropics. *Animal*, 2(11), 174–185. <https://doi.org/10.1017/S175173110800260X>
- Madalena, F. E. (2012). Crossbreeding strategies for dairy cattle in tropical environments. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41, 1–9. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012001300001>
- Madalena, F. E., et al. (2012). Factors affecting the performance of Holstein-Friesian × Gyr crossbred cows. *Animal*, 6(8), 1221-1230. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731111002685>.

- Marshall, K., Gibson, J., & Mrode, R. (2024). Genetic improvement strategies for dairy cattle in tropical production systems. *Animal Frontiers*, 14(1), 35–44. <https://doi.org/10.1093/af/vfad070>
- Medeiros, H., Silva, M., & Oliveira, R. (2024). Morphological traits and productivity in dairy cattle under tropical conditions. *Tropical Animal Production Research*, 42(2), 85–96.
- Montenegro, L., Araúz E., Fuentes, A. & Santamaría, N. (2013). Profile of the body weight and somatometric indicators in female cattle with reproductive maturity in breeds Holsteins and Brown Swiss at grade a dairy farms. Thesis in Animal Production, Department of Animal Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Panama.
- Motta, P., Rivera, L., Mariño, A. & Lizcano, C. (2012). Desempeño productivo y reproductivo de vacas F1 Gyr x Holstein en clima cálido colombiano. *Revista Veterinaria Y Zootecnia*, 6(1), 17–23.
- Peralta J., Camacho, Y. I., Severino, H., & Segura, J. (2022). Producción de leche de vacas Holstein x Gyr en un sistema de doble propósito en el trópico. *Revista MVZ Córdoba*, 27(1), 18. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8286152.pdf>
- Perotto, D., et al. (2010). Produção de leite de vacas das raças Holandesa, Gyr e seus cruzamentos. *Ciência Animal Brasileira*, 11(2), 248-255.
- Piazza, A., Contiero, B., & Mantovani, R. (2023). Body measurements and productive performance in dairy cattle. *Animal Science Journal*, 94(3), e13789. <https://doi.org/10.1111/asj.13789>
- Piccardi M, Balzarini M, Bó GA, Funes AC. (2012). Asociación entre las características morfológicas y la producción de leche en vacas Holstein. *Revista Veterinaria*. 23(2):134-137. ISSN: 1668-4834. <https://doi.org/10.30972/vet.232179>
- Piccardi, M., Rosés, L., & De León, M. (2012). Relationship between type traits and milk production in Holstein dairy cattle. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 20(3–4), 119–126.

- Ptak, E., Brzozowski, P., & Jagusiak, W. (2011). Genetic parameters for linear type traits and their relationship with milk production in Polish Holstein-Friesian cattle. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 20(4), 541–552. <https://doi.org/10.22358/jafs/66174/2011>
- Ptak E, Jagusiak W, Zarnecki A, Otwinowska-Mindur A. 2011. Heritabilities and genetic correlations of lactational and daily somatic cell score with conformation traits in Polish Holstein cattle. *Czech Journal of Animal Science*. 56(5):205-212. <https://doi.org/10.17221/1432-cjas>
- R Core Team (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Recuperado de <https://www.R-project.org/>.
- Ribeiro, L. S., Goes, T. J. F., Filho, R. A. T., C.V. Araújo, Reis, R. B., & Saturnino, H. M. (2021). Desempenhos produtivo e reprodutivo de um rebanho F1 Holandês x Gir em Minas Gerais. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária E Zootecnia*, 69(6), 1624–1634. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9076>
- Riera-Nieves, M., Torres-Vázquez, J., & González-Padilla, E. (2012). Evaluación de características morfológicas lineales en ganado bovino lechero y su relación con la producción. *Revista Científica de Producción Animal*, 24(1), 45–53.
- Riera-Nieves M., Vila-Vals V., Nieves-Crespo L., Pérez-Arévalo M.L. & Gavidia-Terán J.I (2012). Caracterización morfológica de los rasgos corporales usados en la evaluación lineal de la raza bovina Carora. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 2, 51-55.
- Santana, M. L., et al. (2014). Genetic analysis of milk yield in Girolando cattle using random regression models. *Journal of Dairy Science*, 97(3), 1772-1781. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7194>.
- Sierra, E., Cerón-Muñoz, M., & Ruíz, Z. (2017). Parámetros reproductivos y su relación con producción y calidad de leche en hatos del trópico alto. *Livestock Research for Rural Development*, 29(5). Retrieved from <http://www.lrrd.org/lrrd29/9/elsi29170.html>
- Soeharsono, S., Sumantri, C., & Noor, R. R. (2020). Relationship between body measurements and milk production in dairy cows. *Asian Journal of Animal Sciences*, 14(2), 52–60. <https://doi.org/10.3923/ajas.2020.52.60>

- VanRaden, P. M., Tooker, M. E., Wright, J. R., Sun, C., & Hutchison, J. L. (2006). Comparison of single-trait to multi-trait national evaluations for yield traits. *Journal of Dairy Science*, 89(12), 487–495. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72021-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72021-1)
- Vargas, R. (2024). Principales razas del ganado lechero y de carne. [Tesis de posgrado, Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas]. <https://repositorio.unaaa.edu.pe/handle/UNAAA/51>
- Vercesi Filho, A. E., et al. (2007). Avaliação visual e características de carcaça e de conformação de vacas F1 Holstein × Gyr. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 59(4), 959-966.
- Villalobos, J. & WingChing, R. (2019). Selección de vacas Jersey y Holstein durante la lactancia según características fenotípicas: producción y reproducción. *UNED Research Journal*, 11(3), 257-271. <https://doi.org/10.22458/urj.v11i3.2579>
- Wasana, N., Cho, C., Park, B., & Do, C. (2015). Genetic relationship between linear type traits and milk production traits in Holstein cattle. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(9), 1231–1237. <https://doi.org/10.5713/ajas.14.0864>
- Wasana, N., Cho, G., Park, S., Kim, S., Choi, J., Park, B., ... y Do, C. (2015). Relación genética de la vida productiva, la producción y los rasgos de tipo de las vacas Holstein coreanas en las primeras lactaciones. *Revista asiática-australasia de ciencias animales*, 28 (9), 1259.

ANEXOS

Anexo N° 1. Ubicación geográfica de la finca Los Mangos



Anexo N° 2. Corrales de la finca



Anexo N° 3. Selección aleatoria de los grupos de animales.



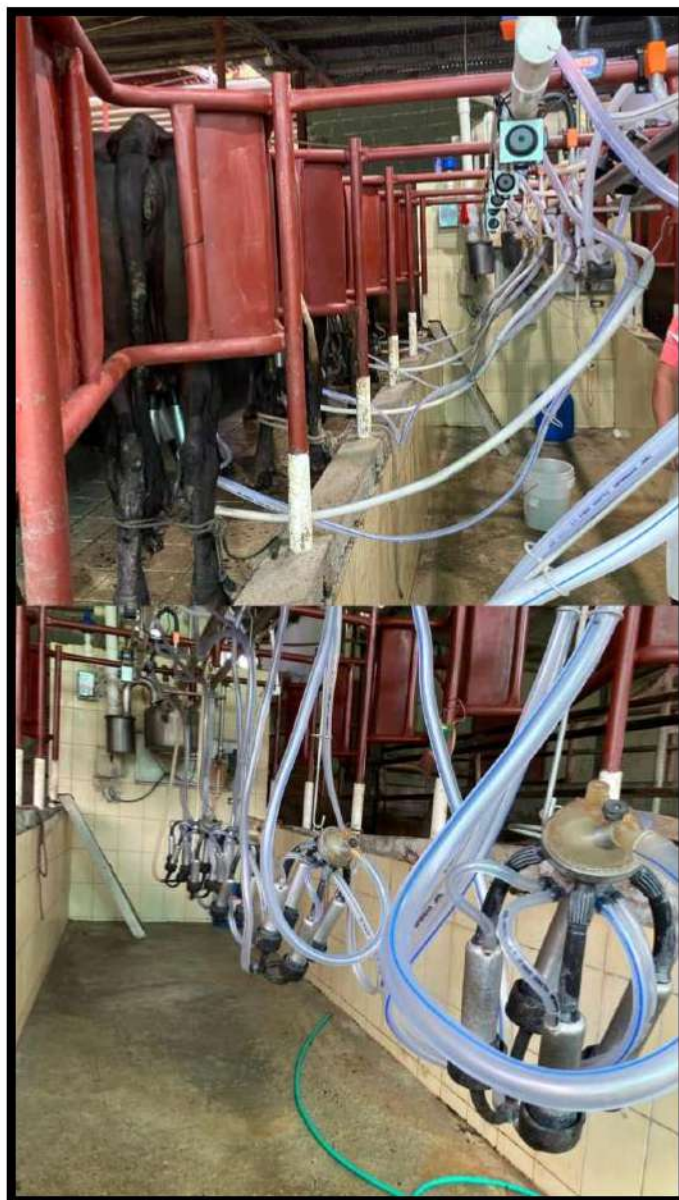
Anexo N° 4. Anotación de las características morfológicas por animal.



Anexo N° 5. Corrales equipado con comederos y bebederos.



Anexo N° 6. Sala de ordeño.



Anexo N° 7. Las mediciones zoométricas en las vacas.

