

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RELACIÓN ENTRE CONDICIÓN CORPORAL Y LA EFICIENCIA
REPRODUCTIVA EN VACAS DE CRÍA DE DIFERENTES GENOTIPOS**

por

**Wilson Federico DA SILVA GONZÁLEZ
Debora Micaela LUCERO RIVERO**

**Trabajo final de grado
presentado como uno de los
requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2026**

Este Trabajo Final de Grado se distribuye bajo licencia
“Creative Commons **Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada**”.



PÁGINA DE APROBACIÓN: LUCERO RIVERO

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

Ing. Agr. (Dra.) Ana Espasandin

Co- Director/a:

Ing. Agr. (Mag.) Andrea Larracharte

Tribunal:

Ing. Agr. (Dra.) Ana Espasandin

Ing. Agr. (Mag.) Micaela Botta

Dr. Vet. (Dr.) Carlos Batista

Fecha:

22 de diciembre de 2025

Estudiante:

Debora Micaela Lucero Rivero

PÁGINA DE APROBACIÓN: DA SILVA GONZÁLEZ

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

Ing. Agr. (Dra.) Ana Espasandin

Co- Director/a:

Ing. Agr. (Mag.) Andrea Larracharte

Tribunal:

Ing. Agr. (Mag.) Andrea Larracharte

Ing. Agr. (Mag.) Soledad Orcasberro

Dr. Vet. (Mag.) Rodrigo López Correa

Fecha:

6 de abril de 2026

Estudiante:

Wilson Federico Da Silva González

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a nuestras familias y amigos, por ser un pilar fundamental, de apoyo constante en estos años de carrera.

A los compañeros que fuimos conociendo, los cuales fueron muchos, e hicieron que este camino fuera más ameno.

A nuestra tutora Ana Espasandín y co- tutora Andrea Larracharte, por hacer posible la realización de este trabajo, y por el apoyo que nos brindaron.

A todas las personas que de una u otra manera fueron parte de este recorrido, que hoy llega a su fin. Gracias.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN: LUCERO RIVERO	3
PÁGINA DE APROBACIÓN: DA SILVA GONZÁLEZ	4
AGRADECIMIENTOS	5
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS.....	7
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo general.....	11
2.2 Objetivos específicos	11
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	12
3.1 Consideraciones generales	12
3.2 Relación entre la CC y el porcentaje de preñez	16
3.3 Propuesta del manejo general del rodeo de cría.....	18
3.4 Hipótesis	20
3.4.1 Hipótesis general	20
3.4.2 Hipótesis específica	20
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
4.1 Descripción general de la base de datos	21
4.2 Características evaluadas	22
4.3 Comportamiento estadístico de las variables.....	22
4.4 Análisis de la relación entre CCP y el porcentaje de parición posterior... 25	25
5. RESULTADOS	26
5.1 Caracterización fenotípica de las variables estudiadas	26
5.2 Variación de las variables analizadas según categoría, año y mes de parto	28
5.3 Relación entre CCP al parto y el porcentaje de parición posterior	31
6. DISCUSIÓN.....	33
7. CONCLUSIÓN.....	35
8. BIBLIOGRAFÍA	36

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1 Estructura general del conjunto de datos fenotípicos según el genotipo de la vaca	22
Tabla 2 Estadísticos descriptivos y pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas, de las variables estudiadas	23
Tabla 3 Resultados de las pruebas de comparación entre grupos para la CCP	23
Tabla 4 Resultados de las pruebas de comparación entre grupos para el IIP1	24
Tabla 5 Resultados de las pruebas de comparación entre grupos para el IIP	24
Tabla 6 Influencia de factores genéticos, fisiológicos y de manejo sobre el EP	25
Tabla 7 Distribución del EP según genotipo y categoría de la vaca.....	28
Tabla 8 Porcentaje de preñez según genotipo y oferta	31
Figura 1 Descripción del animal según la CC	13
Figura 2 Escala de CC para vacas Hereford.....	14
Figura 3 Descripción del animal según la CC	15
Figura 4 Escala de CC para vacas Angus	16
Figura 5 Porcentaje de preñez en vacas Hereford con distinto estado corporal al inicio de entore	18
Figura 6 Producción de manejo del rodeo de cría en pastoreo de campo natural	19
Figura 7 CCP según genotipo de la vaca.....	26
Figura 8 IIP1 según genotipo de la vaca	27
Figura 9 IIP según genotipo de la vaca	27
Figura 10 CCP según categoría, mes y año de parto	29
Figura 11 IIP1 según categoría, mes y año de parto	29
Figura 12 IIP según categoría, mes y año de parto.....	30
Figura 13 Resultado de parición según categoría y genotipo de la vaca.....	31

RESUMEN

La eficiencia reproductiva es un factor determinante en la productividad del sistema de cría bovina, particularmente bajo condiciones extensivas donde la disponibilidad de forraje es variable y afecta el desempeño reproductivo. Entre los indicadores más utilizados se destaca la condición corporal, la cual se asocia estrechamente con la probabilidad de preñez y el intervalo interparto. En este contexto, el cruzamiento entre razas puede contribuir a mejorar la eficiencia productiva y reproductiva mediante la heterosis. El presente trabajo tuvo como objetivo analizar la relación entre la condición corporal al parto y la eficiencia reproductiva, medida a través del intervalo interparto y el porcentaje de parición, en vacas de cría de diferentes genotipos manejadas sobre campo natural en Uruguay. Para ello se utilizaron registros del rodeo de cría de la Estación Experimental Bernardo Rosengurtt (EEBR) de la Facultad de Agronomía, Universidad de la República, correspondientes al período 2006–2017. Se analizaron vacas de los genotipos Angus (AA), Hereford (HH) y sus cruzas recíprocas (AH y HA). Las variables consideradas fueron la condición corporal al parto (CCP), el primer intervalo interparto (IIP1), el intervalo interparto promedio (IIP) y el porcentaje de parición. Los efectos evaluados incluyeron oferta de forraje, categoría, genotipo de la vaca y del toro, mes y año de parto. Los datos fueron analizados mediante pruebas no paramétricas y pruebas de independencia, utilizando el software R (versión 4.5.1). Se observaron diferencias significativas en la condición corporal al parto asociadas con la oferta de forraje, la categoría, el genotipo de la vaca, el mes y el año de parto ($p < 0,001$). Las cruzas (AH y HA) presentaron medias de CCP superiores (3,84–3,85) a las razas puras (3,67–3,71), con menor variabilidad interna. En el primer intervalo interparto no se observaron diferencias significativas según el genotipo de la vaca, aunque sí según el genotipo del toro, donde HA presentó el promedio más corto (460 días) y AA el más largo (509 días). En el intervalo interparto promedio, los genotipos cruza presentaron valores menores (432–434 días) en comparación con los genotipos puros (460–461 días). Los porcentajes de parición fueron elevados y variables entre categorías, registrándose en vaquillonas valores comprendidos entre 86,4 % y 94,7 %, y en vacas entre 85,9 % y 91,3 %, con una tendencia favorable hacia los genotipos cruza. La condición corporal al parto se presenta como una variable relevante en el análisis de la eficiencia reproductiva del rodeo, evaluada a través del porcentaje de parición y el intervalo interparto. Los genotipos cruza (Hereford \times Angus y Angus \times Hereford) mostraron una tendencia a una mayor eficiencia reproductiva, asociada a valores ligeramente superiores de condición corporal al parto y a una menor condición corporal requerida para alcanzar un mismo porcentaje de parición, en comparación con los genotipos puros. Los intervalos interparto no presentaron diferencias significativas entre genotipos, estando principalmente asociados a otros factores ambientales y de manejo. Estos hallazgos sugieren que el cruzamiento podría contribuir a mejorar la regularidad y la eficiencia reproductiva en sistemas de cría extensivos sobre campo natural, lo cual debería ser evaluado en estudios futuros con mayor control de las variables ambientales y de manejo.

Palabras clave: condición corporal, eficiencia reproductiva, vacas de cría, genotipo, cruzamiento

ABSTRACT

Reproductive efficiency is a key factor in the productivity of cattle breeding systems, particularly under extensive conditions where forage availability is variable and affects reproductive performance. Body condition score is among the most widely used indicators, as it is closely associated with pregnancy probability and calving interval. In this context, crossbreeding can contribute to improved productive and reproductive efficiency through heterosis. This study aimed to analyze the relationship between body condition score at calving and reproductive efficiency, measured by calving interval and calving percentage, in beef cows of different genotypes managed on native pasture in Uruguay. Records from the breeding herd of the Bernardo Rosengurtt Experimental Station (EEBR) of the Faculty of Agronomy, University of the Republic, covering the period 2006–2017, were used. Cows of the Angus (AA), Hereford (HH), and their reciprocal crosses (AH and HA) genotypes were analyzed. The variables considered were body condition score at calving (BCC), first calving interval (FCI1), average calving interval (FCI), and calving percentage. Effects evaluated included forage availability, category, cow and bull genotype, and month and year of calving. Data were analyzed using non-parametric tests and tests of independence with R software (version 4.5.1). Significant differences in body condition score at calving were observed in association with forage availability, category, cow genotype, and month and year of calving ($p < 0.001$). Crossbreeds (AH and HA) had higher mean BCC scores (3.84–3.85) than purebreds (3.67–3.71), with less internal variability. In the first calving interval, no significant differences were observed according to the cow's genotype, although differences were observed according to the bull's genotype, with HA having the shortest average (460 days) and AA the longest (509 days). In the average calving interval, crossbred genotypes showed shorter values (432–434 days) compared to purebred genotypes (460–461 days). Calving percentages were high and varied among categories, with values ranging from 86.4% to 94.7% in heifers and from 85.9% to 91.3% in cows, showing a favorable trend toward crossbred genotypes. Body condition at calving is a relevant variable in the analysis of the herd's reproductive efficiency, evaluated through calving percentage and calving interval. The crossbred genotypes (Hereford \times Angus and Angus \times Hereford) showed a trend toward greater reproductive efficiency, associated with slightly higher body condition scores at calving and a lower body condition score required to achieve the same calving percentage, compared to the purebred genotypes. Calving intervals did not differ significantly between genotypes, being primarily associated with other environmental and management factors. These findings suggest that crossbreeding could contribute to improved reproductive regularity and efficiency in extensive grazing systems on native pastures, which should be evaluated in future studies with greater control of environmental and management variables.

Keywords: body condition, reproductive efficiency, breeding cows, genotype, crossbreeding

1. INTRODUCCIÓN

La ganadería en Uruguay es un rubro de gran importancia, ocupando un total de 15.000.000 ha, donde la cría constituye la base del sistema ganadero, representando un 58% (Oficina de Estadísticas Agropecuarias [DIEA], 2023).

Según Saravia et al. (2011), la ganadería en Uruguay se desarrolla principalmente en sistemas extensivos, bajo campo natural, lo cual es una característica distintiva en la producción uruguaya, en términos económicos y de bienestar animal, pero también plantea desafíos en la estacionalidad y la oferta forrajera, lo cual repercute en el desempeño productivo y reproductivo del rodeo.

Si bien existen herramientas de manejo y tecnología para aumentar la producción ganadera, la eficiencia reproductiva, medida como porcentaje de preñez, continúa siendo una variable con amplio margen de mejora, dado que el porcentaje de preñez determina la proporción de vacas que logran parir y, en consecuencia, la cantidad de terneros producidos por vaca entorada. Esto puede estar condicionado por la producción de forraje, edad al destete y al entore. Teniendo en cuenta estos factores, el dato de porcentaje de preñez de la última encuesta ganadera del país (Oficina de Programación y Política Agropecuaria. [OPYPA], 2018) es de 73%, el cual es un valor en el que se puede trabajar en su mejoramiento con el fin de aumentar el porcentaje de preñez

La condición corporal (CC) es una herramienta que se utiliza con el fin de lograr un seguimiento del estado nutricional de los animales. Para esto, Soca y Simeone (1998), generaron un modelo en el que se determina una condición corporal óptima a la cual llegar a la hora del parto e inicio del entore, con el fin de asegurar un porcentaje elevado de preñez. Los valores utilizados como referencia son de CC de 4 puntos en la escala (Vizcarra et al., 1986). lo cual asegura un porcentaje de preñez de 80% en el entore posterior

Estos estudios se han realizado con la raza Hereford dado la dominancia histórica de la misma en nuestro país. Tomando en cuenta que en los últimos años se ha registrado un aumento en la cantidad de vacunos de raza Angus y de cruza, resulta importante generar resultados para estos recursos genéticos, así como actualizar los existentes en la raza Hereford.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Analizar la relación entre la condición corporal al parto y la eficiencia reproductiva posterior, medida a través del porcentaje de parición y los intervalos interparto, en vacas de cría de diferentes genotipos manejadas en sistemas extensivos sobre campo natural.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la condición corporal al parto, el primer intervalo interparto y el intervalo interparto promedio en vacas de los genotipos Angus, Hereford y sus cruza recíprocas manejadas en diferentes ofertas de campo natural.
- Evaluar la influencia de factores genéticos, y de manejo sobre la condición corporal al parto y los intervalos interparto.
- Analizar la asociación entre la condición corporal al parto previa y la probabilidad de éxito al parto mediante modelos de regresión logística.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Consideraciones generales

La cría vacuna representa la fase base del ciclo ganadero en Uruguay. Se desarrolla principalmente sobre campo natural, abarcando más del 90 % del área ganadera, y se caracteriza por un manejo extensivo con baja carga animal (Orcasberro, 1997; Saravia et al., 2011). Esta etapa tiene como objetivo central la producción de terneros, y representa más del 50 % del stock bovino nacional (OPYPA, 2018).

A pesar de su relevancia, la eficiencia reproductiva del sistema de cría continúa siendo un desafío. La tasa nacional de preñez se ha mantenido relativamente estable en las últimas décadas, con valores cercanos al 70–75 %, aunque con gran variabilidad entre predios y regiones (Scaglia, 1997). Esta situación está fuertemente condicionada por la oferta forrajera estacional, que determina el estado nutricional de las vacas, especialmente durante el invierno, etapa crítica donde muchas se encuentran en gestación avanzada (Saravia et al., 2011).

En este contexto, la condición corporal (CC) se ha posicionado como una herramienta clave para el manejo del rodeo de cría, ya que permite estimar el estado de las reservas corporales del animal y anticipar su comportamiento reproductivo, facilitando decisiones estratégicas sobre alimentación, entore y destete. Diversos autores han destacado su importancia para predecir el porcentaje de preñez en los sistemas extensivos de cría (Orcasberro, 1997; Soca & Simeone, 1998).

La eficiencia reproductiva constituye además el principal determinante del ingreso económico de los sistemas de cría, ya que define la cantidad de terneros producidos por vaca entorada y año (Botta Areal & Montero Nogueira, 2020).

Según Orcasberro (1997) se puede evaluar el estado nutricional (energético) del animal mediante la clasificación subjetiva, asignando grados de estados o condición corporal del animal. La condición corporal permite estimar la cantidad de energía que tiene almacenada como músculo y grasa.

A su vez el mismo autor (Orcasberro, 1997) determinó, a partir de estudios realizados sobre vacas Hereford, que cada unidad de condición corporal equivale a 25 kg aproximadamente de peso, en el intervalo de categorías de 2 a 6, las cuales son las normalmente encontradas en los rodeos de cría.

La condición corporal se determina a través de una apreciación subjetiva, donde se observan diferentes puntos del animal, adjudicando un número en la escala del 1 al 8 para la raza Hereford validada por Vizcarra et al. (1986) para Uruguay; donde 1 corresponde a vacas extremadamente flacas, y 8 animales excesivamente gordos.

Figura 1

Descripción del animal según la CC

CC 2 Vaca muy flaca, ausencia de grasa subcutánea, en la inserción de la cola y alrededores. Observándose gran marcación en la punta del anca y punta de isquion.	CC 3 Vaca flaca, presencia leve de grasa subcutánea, en la inserción de la cola y alrededores. Observándose ligeramente marcada la punta del anca y punta de isquion. Muslos muy levemente marcados.
CC 4 Vaca moderadamente liviana, presencia de grasa subcutánea, en la inserción de la cola y partes adyacentes. Observándose punta del anca y punta de isquion menos pronunciados que las anteriores mencionadas. Muslos levemente marcados.	CC 5 Vaca moderada, marcada cobertura de grasa subcutánea, con los huesos de la cadera redondeados y área de inserción de la cola cubierta. Muslos marcados.
CC 6 Vaca pesada, gran cobertura de grasa subcutánea, huesos de la cadera bien redondeados y área de inserción de la cola muy cubierta. Muslos bien marcados.	

Nota. Tomado de Andiarena y Gardiol (2024).

Figura 2
Escala de CC para vacas Hereford



Nota. Tomado de Andiarena y Gardiol (2024).

Como se ha mencionado anteriormente, la condición corporal es una evaluación subjetiva que se relaciona con las reservas corporales del animal. Estudios realizados en vacas de cría de diferentes razas han demostrado una asociación entre la condición corporal evaluada por apreciación visual y el espesor de grasa subcutánea medido en el punto P8, a lo largo del ciclo productivo (Caballero et al., 2018). Dado que esta asociación puede variar entre razas, y considerando el carácter subjetivo de la herramienta, resulta pertinente utilizar escalas de condición corporal específicas para cada genotipo. Por este motivo, en el presente trabajo se emplean escalas diferenciadas para las razas Hereford y Angus, con el objetivo de mejorar la precisión en la evaluación del estado corporal de los animales.

Figura 3*Descripción del animal según la CC*

CC 2 Vaca muy flaca, ausencia de grasa subcutánea, en la inserción de la cola y alrededores. Observándose gran marcación en la punta del anca y punta de isquion.	CC 3 Vaca flaca, presencia leve de grasa subcutánea, en la inserción de la cola y alrededores. Observándose ligeramente marcada la punta del anca y punta de isquion. Muslos muy levemente marcados.
CC 4 Vaca moderadamente liviana, presencia de grasa subcutánea, en la inserción de la cola y partes adyacentes. Observándose punta del anca y punta de isquion menos pronunciados que las anteriores mencionadas. Muslos levemente marcados.	CC 5 Vaca moderada, marcada cobertura de grasa subcutánea, con los huesos de la cadera redondeados y área de inserción de la cola cubierta. Muslos marcados.
CC 6 Vaca pesada, gran cobertura de grasa subcutánea, huesos de la cadera bien redondeados y área de inserción de la cola muy cubierta. Muslos bien marcados.	

Nota. Tomado de Carreño (2024).

Figura 4
Escala de CC para vacas Angus



Nota. Tomado de Carreño (2024).

El uso de la CC es una herramienta de fácil acceso, no requiere equipos especiales, fácil de aprender, por lo que con la práctica la posibilidad de error de apreciación es mínima.

A su vez, se están desarrollando nuevas herramientas tecnológicas para hacer aún más accesible y exacto el uso de la técnica de CC, como es el caso del programa `cond Corp`, el cual se basa en determinar un valor de CC a través del uso de fotografías realizadas a campo; si bien aún se encuentra en etapa de desarrollo y validación, su uso ha demostrado ser muy útil en el registro y calificación de la condición corporal mediante la toma de imágenes a campo (Espasandín & Pérez, 2015).

3.2 Relación entre la CC y el porcentaje de preñez

La variación entre y dentro de años en la producción y concentración de nutrientes y la carga animal del campo natural explican cambios en la condición corporal al parto (CCP), el largo del anestro posparto y la probabilidad de preñez (Pereyra et al., 2015).

El estado corporal de la vaca al momento del parto es de suma relevancia para la probabilidad de preñez en el siguiente entore. Por esta razón, Orcasberro (1997) destaca la importancia de un balance energético positivo en los animales a momento del parto.

El anestro posparto está directamente vinculado con la alimentación y la condición corporal del animal tras el parto. El mismo autor (Orcasberro, 1997) indica que, cuando la vaca llega al parto con una condición corporal de 4, las probabilidades de preñez en el siguiente entore son más altas, debido a una menor duración del anestro posparto (35-50 días). En cambio, en animales con un menor balance nutricional y una condición corporal de 3, la duración del anestro posparto se extiende (80 - 100 días), lo que repercute negativamente en la probabilidad de preñez en el siguiente entore.

El estudio realizado por Orcasberro (1997), indica que el porcentaje de preñez aumentó de forma lineal en vacas que alcanzaban una condición corporal de 4 al momento del parto. Esto permite establecer una condición corporal crítica al momento del parto, la cual se define en el valor de 4. Alcanzar esta condición resulta fundamental para optimizar los resultados reproductivos del rodeo, ya que se asocia con una mayor tasa de preñez en el siguiente entorno. De este modo, la gestión nutricional debe orientarse a lograr dicho objetivo al final de la gestación.

Los resultados nacionales disponibles son escasos, pero sugieren que cuando el estado corporal al inicio del entore es inferior a 4.5, el porcentaje de preñez disminuye en forma muy acentuada (Soca & Simeone, 1998).

El estado corporal de la vaca al inicio del entore es consecuencia del estado corporal al parto y del nivel de alimentación posparto. Por lo tanto, la performance reproductiva va a estar muy asociada al estado corporal al inicio del entore.

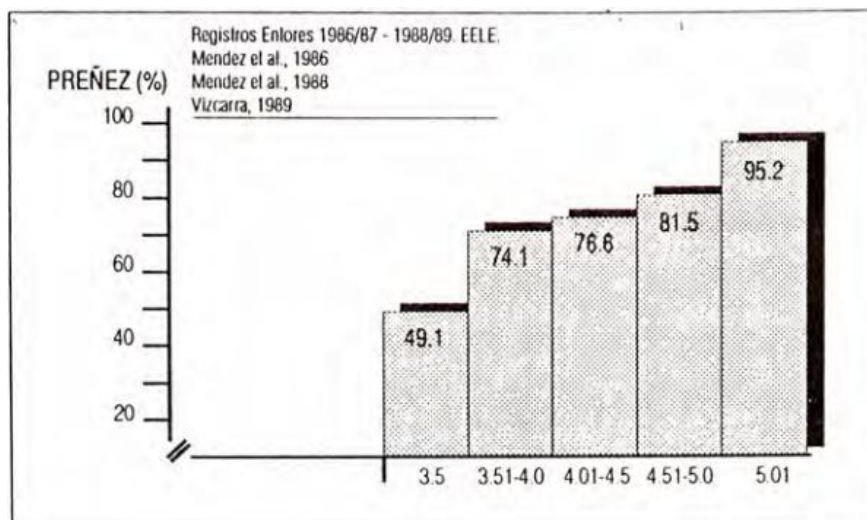
Los mayores valores de preñez se observan en vacas con condición corporal al parto de 4.3, 4.6 y 4.9, según presenten pérdida, mantenimiento o ganancia de estado durante el entore. Por debajo de 4.0, la caída en el porcentaje de preñez es marcada, especialmente en los animales que pierden condición (Orcasberro, 1997).

Las recomendaciones para establecer estados corporales óptimos en vacas según distintos estados fisiológicos deben ajustarse a la curva de producción de forraje del campo natural de cada región, teniendo en cuenta la variabilidad existente en la disponibilidad de forraje; así como la disponibilidad de otros recursos alimenticios en el predio. Considerando que los entores en nuestro país se concentran entre mediados de diciembre y fines de febrero, un elevado porcentaje de vacas se encuentran en gestación avanzada durante el invierno, periodo en que la producción y disponibilidad de forraje del campo natural es baja en todo el territorio nacional. En estas condiciones, las vacas recurren a la removilización de reservas para poder cubrir sus requerimientos gestacionales, lo que se traduce en una pérdida de condición corporal.

Partiendo de la premisa de que las vacas deben de llegar al parto y al inicio del entore con una condición corporal superior a 4.0, resulta prioritario enfocar la alimentación en aquellas que, al momento del diagnóstico de gestación, se encuentren preñadas y presenten una peor condición corporal. Es fundamental que, al inicio del invierno (junio), las vacas alcancen una condición corporal superior a 5.0, de modo que, tras la movilización de reservas durante el invierno, puedan llegar al parto con un estado corporal de al menos 4.0.

Figura 5

Porcentaje de preñez en vacas Hereford con distinto estado corporal al inicio de entore



Nota. Tomado de Orcasberro (1997).

Se usa el valor de 4 puntos de condición corporal al inicio del entore como crítico, ya que por debajo de este valor el porcentaje de preñez se ve disminuido en gran escala, mientras que, por encima, el porcentaje de preñez crece en menor medida.

En los rodeos de cría, es más eficiente lograr vacas al inicio del entore que presenten una condición corporal de 5, para así obtener una preñez de 95%.

A pesar de que la relación entre la condición corporal y la eficiencia reproductiva ha sido ampliamente estudiada y documentada en diferentes contextos productivos, en las últimas décadas se han producido cambios significativos en las razas utilizadas en el país como resultado de los programas de mejora genética. En este sentido, resulta pertinente analizar si las relaciones previamente establecidas se mantienen bajo las condiciones actuales de producción, así como evaluar su comportamiento en distintas razas y cruzamientos.

3.3 Propuesta del manejo general del rodeo de cría

La producción forrajera es una determinante del manejo del rodeo de cría. Una de las características fundamentales del ganado de cría en Uruguay es el hecho de que más del 90% se desarrolla sobre el campo natural (Saravia et al., 2011). En base a esto es necesario conocer el comportamiento de las principales especies que componen este recurso, así como saber su productividad para adecuar este parámetro en el manejo del rodeo.

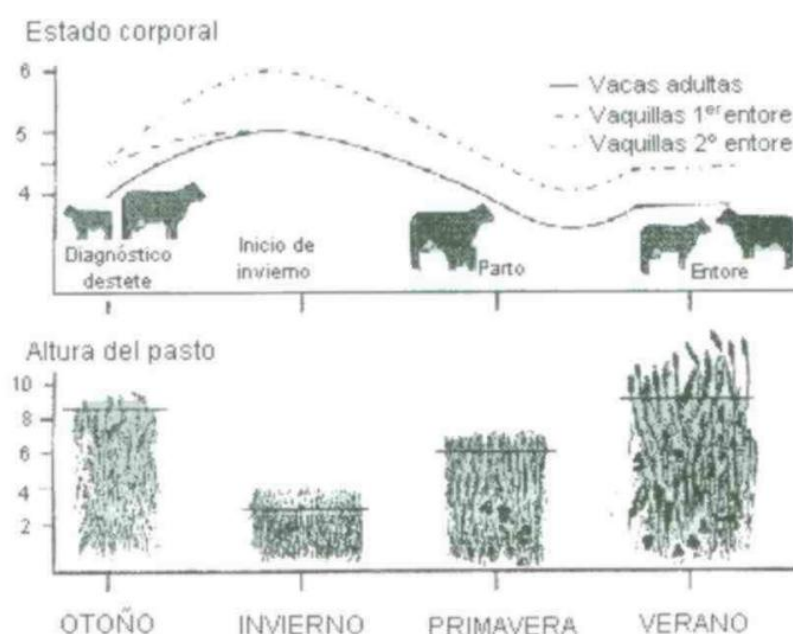
En los sistemas de cría sobre campo natural del Uruguay, la producción de forraje presenta una marcada variabilidad estacional e interanual, determinada principalmente por las precipitaciones y, en menor medida, por la temperatura, así como por la composición del tapiz vegetal asociada a los distintos tipos de suelo. Si bien el crecimiento del forraje sigue un patrón estacional relativamente definido, este se ve fuertemente condicionado por factores climáticos, generando fluctuaciones importantes en la cantidad y calidad del forraje disponible entre estaciones y entre años (Carámbula et al., 1997).

Las pasturas naturales se caracterizan por una producción marcadamente estival, con un déficit invernal acentuado, incluso en los mejores años, lo que resulta crítico para categorías con elevados requerimientos nutricionales.

En este contexto, la adopción de decisiones estratégicas de manejo, tales como la fecha y duración del entore y el momento del destete, resulta fundamental para ajustar los requerimientos nutricionales de los animales a la disponibilidad estacional de forraje. En particular, se procura que el último tercio de la gestación y el inicio de la lactancia coincidan con los períodos de mayor producción forrajera del campo natural, minimizando pérdidas de condición corporal y sus efectos negativos sobre la eficiencia reproductiva.

Figura 6

Producción de manejo del rodeo de cría en pastoreo de campo natural



Nota. Tomado de Soca et al. (2007).

En la figura 6 se observa la evolución estacional de la producción de pasto natural y los requerimientos nutricionales de la vaca de cría. Durante el otoño y el invierno, los requerimientos energéticos son relativamente bajos, sin embargo la disponibilidad de forraje se reduce de forma significativa, lo que puede comprometer el mantenimiento de la condición corporal, especialmente en vacas preñadas que transitan el último tercio de gestación durante el invierno. En este contexto, el otoño constituye un período estratégico para la recuperación y mejora de la condición corporal, dado que los requerimientos aún son moderados y el estado corporal adquirido permite amortiguar las restricciones nutricionales del invierno.

En primavera, la producción forrajera aumenta de manera importante, lo cual es clave, ya que coincide con el parto y el inicio de la lactancia, etapas fisiológicas con altos requerimientos nutricionales. En verano suele mantener una buena oferta de forraje, permitiendo recuperar o mantener la condición corporal en el entore. Sin embargo, la variabilidad climática (especialmente los déficits hídricos) pueden afectar esta etapa crítica.

Esta relación entre la producción de forraje y los momentos de mayor demanda energética del animal, exige un manejo estratégico del rodeo, orientado a garantizar que las vacas ingresen al invierno con una condición corporal adecuada ($\geq 5,0$), de forma que puedan alcanzar el parto y entore con un estado corporal óptimo ($\geq 4,0$) para maximizar su probabilidad de preñez (Saravia et al., 2011).

3.4 Hipótesis

3.4.1 Hipótesis general

La condición corporal al parto se asocia favorablemente con la eficiencia reproductiva posterior de las vacas de cría, expresada a través del porcentaje de parición y de los intervalos interparto, independientemente del genotipo.

3.4.2 Hipótesis específica

- A mayor condición corporal al parto, mayor es la probabilidad de éxito al parto en el servicio posterior.
- Los genotipos cruza (Hereford \times Angus y Angus \times Hereford) y las altas ofertas de forraje presentan una mayor eficiencia reproductiva, expresada en menores intervalos interparto y menor condición corporal al parto para alcanzar un mismo porcentaje de parición, en comparación con los genotipos puros.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Descripción general de la base de datos

Para el presente trabajo se utilizó la base de datos del rodeo de cría de la Estación Experimental Bernardo Rosengurtt (EEBR) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República (UDELAR), ubicada en el departamento de Cerro Largo, km 408 de la ruta 26 Brigadier General Leandro Gómez. La zona se ubica sobre suelos pertenecientes a la formación Fraile Muerto -Yaguarí, de textura predominantemente pesada y caracterizados por una marcada heterogeneidad en la producción de materia seca a lo largo del año.

Estos suelos corresponden principalmente a Brunosoles del noreste, con diferencias texturales entre bloques experimentales: el bloque 1, compuesto por suelos arenosos de la unidad Zapallar, y el bloque 2, sobre suelos más pesados de la unidad Fraile Muerto. En promedio, la oferta forrajera anual se distribuye aproximadamente en 13% durante el verano, 28% en otoño, 18% en invierno y 41% en primavera, lo que refleja una alta variabilidad estacional en la disponibilidad de pasturas y constituye un aspecto determinante para el manejo del rodeo de cría en la región.

El conjunto de datos fenotípicos proviene del experimento dialélico entre las razas Angus y Hereford iniciado en el año 1994 en la EEBR, diseñado para estimar parámetros genéticos de cruzamientos y evaluar la importancia de las diferentes acciones génicas que afectan a los rasgos de importancia económica (Pereyra et al., 2015). Los registros incluyen identificación de vacas y toros de servicio, información de partos, identificación y sexo de las crías, y otros datos reproductivos relevantes.

Hasta el año 2006, todos los animales eran manejados en condiciones similares (equivalente a una producción extensiva promedio del país), posteriormente el experimento se rediseñó, y en 120 ha se estableció un diseño factorial, que dio origen a la base de datos del rodeo de cría actualmente utilizado (Soca et al., 2013). El diseño experimental es de bloques completamente al azar, con un arreglo factorial de 2 x 2, que incluye los factores oferta de forraje (alta y baja) y grupo genético (puras o cruzas). La oferta de forraje promedio anual fue de 10 kg MS/100 kg PV/día en el tratamiento de alta oferta y 6 kg MS/100 kg PV/día en baja oferta, ajustándose periódicamente a lo largo del año mediante el uso de animales fijos y volantes.

La base de datos principal incluye 7204 registros de diferentes variables de las razas puras Hereford (HH) y Angus (AA), cruzas F1 (AH: Angus-Hereford y HA: Hereford-Angus), y retrocruzas (hacia AA o HH, respectivamente), y otros genotipos en menor frecuencia. Para el presente estudio se seleccionaron 2298 registros comprendidos entre los años 2006 y 2017, pertenecientes únicamente a los genotipos AA, HH, y sus cruzas recíprocas AH y HA. La depuración de los datos incluyó la eliminación de inconsistencias asociadas a registros sin fecha de parto, errores de identificación del animal o del genotipo y casos de paternidad dudosa, a fin de garantizar la calidad y trazabilidad de la información utilizada.

La Tabla 1 resume la estructura general del conjunto de datos fenotípicos utilizados en el estudio según el genotipo de la vaca. Se presentan el número total de registros, vacas evaluadas y madres con al menos un parto registrado durante el período 2006–2017. Asimismo, se incluye la edad promedio al primer parto (edad1p) expresada

en años, similar entre genotipos (≈ 3 años). Estos datos constituyen la base del análisis posterior de las variables reproductivas.

Tabla 1

Estructura general del conjunto de datos fenotípicos según el genotipo de la vaca

Genotipos	AA	AH	HA	HH	Total
Registros	749	336	298	915	2298
Vacas	240	110	96	280	726
Madres	226	103	87	259	674
Edad al primer parto (años)	2.95	2.98	2.98	3.00	

Nota. AA: Angus; AH: Angus-Hereford; HA: Hereford-Angus; HH: Hereford.

4.2 Características evaluadas

A partir de los registros reproductivos individuales se calcularon los intervalos entre partos (IIP e IIP1) y la variable de éxito al parto, definida según la ocurrencia o no de parto en cada año de evaluación. Estos registros se derivaron de la información de partos, servicios y diagnóstico de gestación registrada en el sistema de seguimiento del rodeo. Asimismo, la condición corporal al parto (CCP) se determinó por apreciación visual, utilizando la escala de 1 a 8 puntos validada por Vizcarra et al. (1986), la cual evalúa el grado de reservas corporales del animal en función de la cobertura muscular y grasa.

- CCP: Condición corporal al parto (promedio): evaluada mediante la escala de condición corporal validada por Vizcarra et al. (1986).
- IIP1: Primer intervalo interparto: estimado como la diferencia en días entre la fecha del segundo parto y la de primer parto.
- IIP: Intervalo interparto (promedio): días entre dos partos consecutivos.
- EP: Éxito al parto: variable binaria que se clasifica como “1” cuando la vaca está presente pero no tuvo cría al parto, y “2” significa que la vaca parió.

4.3 Comportamiento estadístico de las variables

Previo al análisis comparativo entre genotipos, se evaluó el comportamiento estadístico de las variables fenotípicas con el propósito de determinar la conveniencia de aplicar pruebas paramétricas y de identificar la existencia de diferencias significativas entre los factores evaluados. La normalidad de las distribuciones se verificó mediante la prueba de Shapiro–Wilk (Shapiro & Wilk, 1965), obteniéndose valores de p inferiores a 0.05 en todos los casos, lo que indicó desviaciones significativas respecto a la normalidad (Tabla 2). En función de estos resultados, se optó por la aplicación de pruebas no paramétricas y el análisis posterior se focalizó en aquellas variables y factores que presentaron diferencias estadísticamente significativas, descartándose del análisis detallado aquellos que no evidenciaron efectos relevantes.

Los coeficientes de asimetría y curtosis se calcularon para describir la forma de las distribuciones, observándose una leve asimetría positiva y una curtosis moderada para

CCP e IIP1, y una mayor curtosis para IIP (6,73), lo que sugiere una distribución más alargada.

La homogeneidad de varianzas se evaluó mediante la prueba de Levene, detectándose diferencias significativas entre genotipos únicamente para CCP ($p = 0,0289$), mientras que no se observaron diferencias para IIP1 ($p = 0,3319$) ni para IIP ($p = 0,7902$).

Las variables CCP, IIP1 e IIP se analizaron por separado de la variable binaria EP, dado que esta última representa un resultado categórico y no continuo. En consecuencia, EP se evaluó mediante una prueba de independencia de Chi-cuadrado, la cual no mostró diferencias significativas en la proporción de vacas preñadas entre genotipos ($\chi^2 = 1,93$; $gl = 3$; $p = 0,5866$). Por tanto, la característica EP resultó estadísticamente similar entre los grupos genéticos considerados.

Tabla 2

Estadísticos descriptivos y pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas, de las variables estudiadas

Rasgo	Nº registros	Shapiro_p	Asimetría	Curtosis	Levene_p
CCP	1600	0	0.30	2.72	0.0289
IIP1	443	0	1.05	2.44	0.3319
IIP	1187	0	1.96	6.73	0.7902

Nota. CCP: condición corporal al parto (promedio); IIP1: primer intervalo interparto; IIP: intervalo interparto (promedio).

Dado que las variables cuantitativas no cumplen con el supuesto de normalidad y al menos una presenta heterogeneidad de varianzas, se optó por utilizar pruebas no paramétricas en los análisis comparativos posteriores entre genotipos. En estos contrastes, se aplicó la prueba de Wilcoxon de rangos sumados (Mann–Whitney U) para factores con dos niveles (ej., tratamiento o sexo del ternero) y la prueba de Dunn con corrección de Bonferroni para comparaciones múltiples entre factores con más de dos niveles (ej., categoría, genotipo, mes y año de parto).

La Tabla 3 presenta los resultados de las pruebas de comparación entre grupos para la condición corporal. Esta variable difirió significativamente según el nivel de oferta de forraje, categoría, genotipo de la vaca, mes y año de parto, todos con un $p < 0.001$. Sin embargo, En cambio, no mostró asociación con el sexo del ternero ($p = 0.160$) ni con el genotipo del toro ($p = 0.780$).

Tabla 3

Resultados de las pruebas de comparación entre grupos para la CCP

Efecto	Test	Estadístico	df	p-valor
Oferta de forraje	Wilcoxon (W)	120965.00		< 0.001
Sexo del ternero	Wilcoxon (W)	290146.00		0.160
Categoría	χ^2 Kruskal-Wallis	17.81	2	< 0.001
Genotipo de la vaca	χ^2 Kruskal-Wallis	22.22	3	< 0.001
Genotipo del toro	Wilcoxon (W)	305171.50		0.780
Mes de parto	χ^2 Kruskal-Wallis	97.87	4	< 0.001
Año de parto	χ^2 Kruskal-Wallis	475.22	11	< 0.001

Nota. df: grados de libertad

La Tabla 4 presenta los resultados de las pruebas de comparación entre grupos para el IIP1. Se observaron diferencias significativas en el IIP1 según la oferta de forraje ($p = 0.016$), categoría de la vaca ($p = 0.022$), genotipo del toro ($p = 0.012$), mes ($p < 0.001$) y año de parto ($p < 0.001$). En cambio, no se detectaron diferencias significativas asociadas al sexo del ternero ($p = 0.148$) ni al genotipo de la vaca ($p = 0.421$).

Tabla 4

Resultados de las pruebas de comparación entre grupos para el IIP1

Efecto	Test	Estadístico	df	p-valor
Oferta de forraje	Wilcoxon (W)	11686.00		0.016
Sexo del ternero	Wilcoxon (W)	21910.50		0.148
Categoría	χ^2 Kruskal-Wallis	5.26	1	0.022
Genotipo de la vaca	χ^2 Kruskal-Wallis	2.82	3	0.421
Genotipo del toro	Wilcoxon (W)	26832.50		0.012
Mes de parto	χ^2 Kruskal-Wallis	45.17	4	< 0.001
Año de parto	χ^2 Kruskal-Wallis	169.16	11	< 0.001

Nota. df: grados de libertad

La Tabla 5 presenta los resultados de las pruebas de comparación entre grupos para el IIP. Se detectaron diferencias muy significativas en función de la oferta de forraje, categoría, mes y año de parto, todas con $p < 0.001$. No se observaron diferencias significativas asociadas al sexo del ternero ($p = 0.834$), genotipo de la vaca ($p = 0.179$) ni genotipo del toro ($p = 0.755$).

Tabla 5

Resultados de las pruebas de comparación entre grupos para el IIP

Efecto	Test	Estadístico	df	p-valor
Oferta de forraje	Wilcoxon (W)	131216.50		< 0.001
Sexo del ternero	Wilcoxon (W)	168437.00		0.834
Categoría	χ^2 Kruskal-Wallis	88.36	1	< 0.001
Genotipo de la vaca	χ^2 Kruskal-Wallis	4.90	3	0.179
Genotipo del toro	χ^2 Kruskal-Wallis	166807.50		0.755
Mes de parto	χ^2 Kruskal-Wallis	99.43	4	< 0.001
Año de parto	χ^2 Kruskal-Wallis	235.70	11	< 0.001

Nota. df: grados de libertad

La Tabla 6 presenta los resultados de las pruebas de asociación entre distintos factores y la probabilidad de EP. Se detectaron diferencias significativas según el sexo del ternero ($p = 0.021$), categoría ($p < 0.001$), genotipo del toro ($p < 0.001$), mes ($p < 0.001$) y año de parto ($p < 0.001$). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en relación con la oferta de forraje ($p = 0.722$) ni con el genotipo de la vaca ($p = 0.587$).

Tabla 6*Influencia de factores genéticos, fisiológicos y de manejo sobre el EP*

Efecto	Test	Estadístico	df	p-valor
Oferta de forraje	χ^2 Chi-cuadrado	0.13	1	< 0.722
Sexo del ternero	χ^2 Chi-cuadrado	5.29	1	0.021
Categoría	χ^2 Chi-cuadrado	78.03	2	< 0.001
Genotipo de la vaca	χ^2 Chi-cuadrado	1.93	3	< 0.587
Genotipo del toro	χ^2 Chi-cuadrado	19.77	1	< 0.001
Mes de parto	χ^2 Chi-cuadrado	846.39	4	< 0.001
Año de parto	χ^2 Chi-cuadrado	118.77	11	< 0.001

Nota. df: grados de libertad

4.4 Análisis de la relación entre CCP y el porcentaje de parición posterior

Dado que EP es una variable de respuesta binaria, y con el objetivo de cuantificar la relación entre la condición corporal al parto previa (CCPprev) y la probabilidad de parición, se ajustó un modelo de regresión logística mediante una penalización tipo Ridge para evitar la inestabilidad observada en el GLM tradicional. Este modelo estimó la probabilidad de que una vaca tuviera éxito al parto (EP; codificada como 2 = parió, 1 = no parió) en función de CCPprev como variable explicativa principal. Además, se incluyeron como efectos fijos los factores año y mes de parto, categoría, tratamiento (u oferta de forraje), y los genotipos de la vaca (AA, AH, HA, HH) y de los toros de servicio (AA, HH).

$$\begin{aligned}
 \text{logit}[\text{Pr}(EP = 2)] \\
 &= \beta_0 + \beta_{CCP} \cdot CCP_{previa} + \text{año de parto} + \text{mes de parto} + \text{categoría} \\
 &+ \text{oferta de forraje} + \text{genotipo de la vaca} \\
 &+ \text{genotipo del toro de servicio}
 \end{aligned}$$

Las probabilidades de parición se estimaron mediante g-computation, promediando sobre la composición observada de los datos, y se calculó el valor de CCP* asociado a una probabilidad de parto del 80 %. Los análisis se realizaron en el software R, utilizando diferentes paquetes estadísticos.

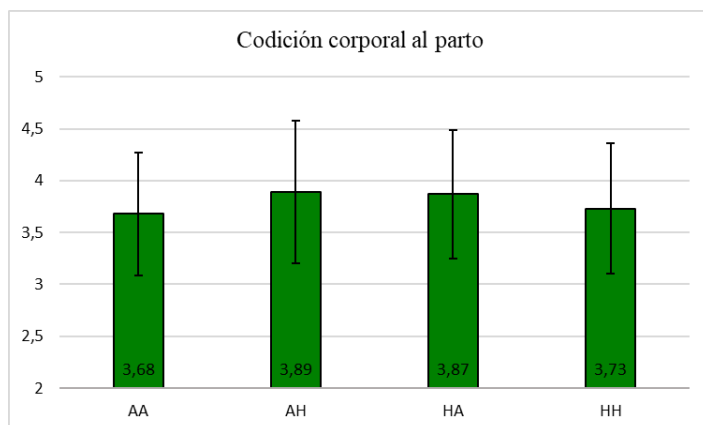
5. RESULTADOS

5.1 Caracterización fenotípica de las variables estudiadas

Las figuras 7,8 y 9 presentan los valores medios y la variabilidad fenotípica para CCP, IIP1 y IIP, según el genotipo de la vaca.

Figura 7

CCP según genotipo de la vaca



Nota. AA= Angus; AH=Angus-Hereford; HA=Hereford-Angus; HH= Hereford.

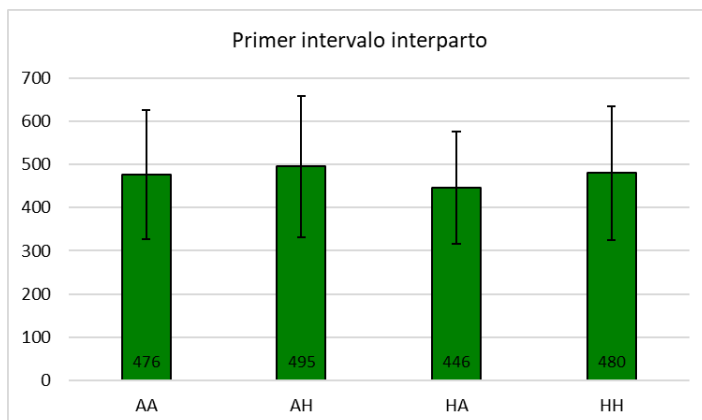
En la Figura 7 se presenta la distribución de la condición corporal al parto según el genotipo de la vaca. El análisis estadístico indicó diferencias estadísticamente significativas entre genotipos ($p < 0,05$); sin embargo, las diferencias observadas fueron de baja magnitud y con un marcado solapamiento entre las distribuciones. En términos descriptivos, las vacas de los genotipos HA y AH presentaron valores medios de CC ligeramente superiores (3,87 y 3,89, respectivamente) en comparación con los genotipos AA y HH (3,68 y 3,73).

La variabilidad dentro de cada grupo es moderada, con desviación estándar entre 0,59 y 0,63, mientras que las diferencias entre los valores medios de los genotipos fueron de baja magnitud.

En cuanto a los valores extremos, las vacas puras presentan valores mínimos más bajos (2,00 y 2,25), mientras que las cruza tienen mínimos más altos (2,50), mientras que todos los grupos alcanzan el mismo máximo (6,00). Esto indica que los animales cruce tienden a mantener una CC mínima más alta.

En conjunto, la gráfica muestra que CCP presentó valores promedio similares entre los distintos genotipos evaluados, donde los genotipos AH y HA mostraron levemente mayores valores medios de condición corporal en comparación con AA y HH.

Figura 8
IIP1 según genotipo de la vaca



Nota. AA= Angus; AH=Angus-Hereford; HA=Hereford-Angus; HH= Hereford.

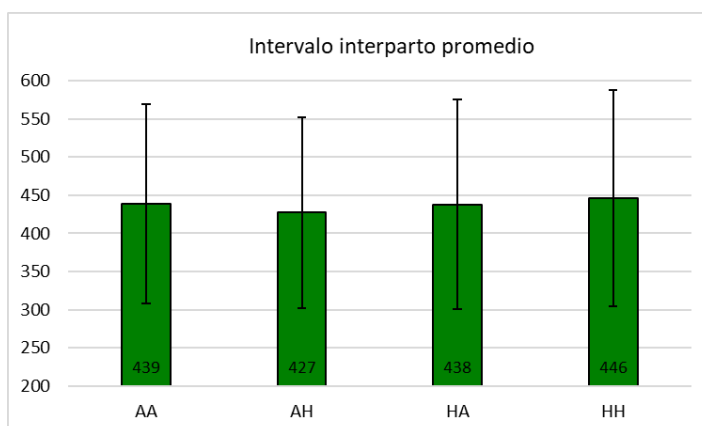
La figura 8 muestra el IIP1 de las vacas según su genotipo. El genotipo HA presenta el intervalo promedio más corto (445 días), seguido por AA (476 días), HH (479 días), mientras que AH presenta el valor de IIP1 más largo (494 días).

El desvío estándar, que varía entre 129,38 y 163,01 días, indica una dispersión considerable dentro de cada genotipo, lo que refleja variabilidad individual en la recuperación reproductiva tras el primer parto.

Los valores extremos muestran que las cruzas tienen mínimos más bajos (303 días AH y 266 días HA), en comparación con AA y HH (267 y 316 días), mientras que los máximos son más altos en HH y AH (1393 y 1149 días) y ligeramente más bajos en HA y AA (1103 y 800 días). Esto muestra que las vacas cruza presentan menor tiempo de IIP1, pero también pueden presentar valores muy altos, mostrando amplia heterogeneidad individual.

Los resultados muestran diferencias en el IIP1 entre genotipos; las cruza presentaron los valores extremos, observándose el mayor valor medio en la cruza AH, mientras que HA presentó el menor valor medio.

Figura 9
IIP según genotipo de la vaca



Nota. AA= Angus; AH=Angus-Hereford; HA=Hereford-Angus; HH= Hereford.

La gráfica presenta el IIP según el genotipo, donde se observa una comparación clara de los valores promedio de interparto entre los distintos genotipos analizados: AA, AH, HA y HH. Según los datos observados en la tabla, los genotipos puros (AA y HH) registran los valores más elevados, con 438 y 445 días respectivamente, mientras que los genotipos cruza (AH y HA) presentan intervalos más cortos, de 427 y 437 días.

En cuanto a la variabilidad de datos expresada a través de la desviación estándar, presentó diferencias descriptivas entre los grupos genéticos. Los genotipos puros muestran una dispersión (130,82 para AA y 141,75 para HH). En cambio, los genotipos cruza (AH y HA) presentan desviaciones menores (124,71 y 137,55 respectivamente).

Estos resultados permiten inferir que la cruza entre genotipos podría contribuir a mejorar la regularidad del intervalo interparto, reduciendo tanto su duración como su variabilidad.

La Tabla 7 presenta la distribución de EP según genotipo de la vaca. Los resultados de esta tabla indican que los genotipos HH y AA presentaron el mayor número absoluto de partos exitosos (678 y 571 casos, respectivamente, con EP=1). Sin embargo, al considerar el porcentaje de parición, los genotipos HA y AH mostraron los valores más altos (77,5% y 76,2%, respectivamente), en comparación con AA (76,2%) y HH (74,1%).

Tabla 7

Distribución del EP según genotipo y categoría de la vaca

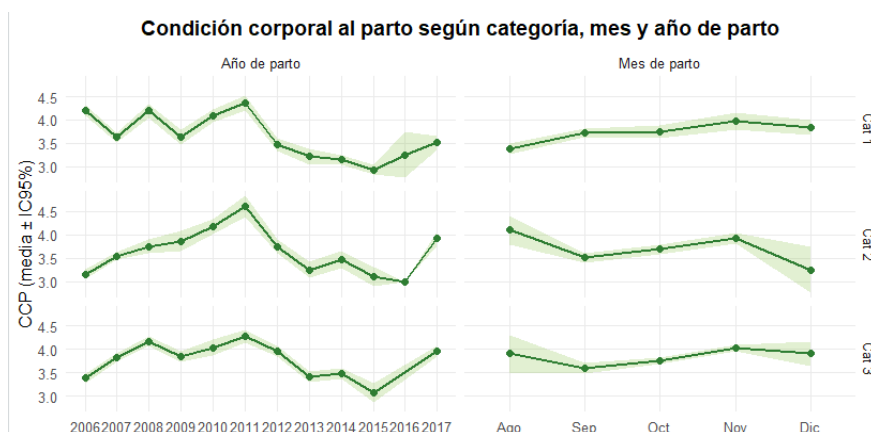
Genotipo	Nr	EP = 2	EP = 1	% parición
AA	749	571	178	76.2
AH	336	256	80	76.2
HA	298	231	67	77.5
HH	915	678	237	74.1

Nota. Nr: registros de la característica; EP: éxito al parto; AA: Angus; AH: Angus-Hereford; HA: Hereford-Angus; HH: Hereford.

5.2 Variación de las variables analizadas según categoría, año y mes de parto

A continuación, se presentan las figuras 10, 11 y 12, donde se muestra la variación de CCP, IIP1, IIP respectivamente. En todos los casos, los resultados se presentan diferenciados por categoría y expresados en función del año y del mes de parto.

Figura 10
CCP según categoría, mes y año de parto

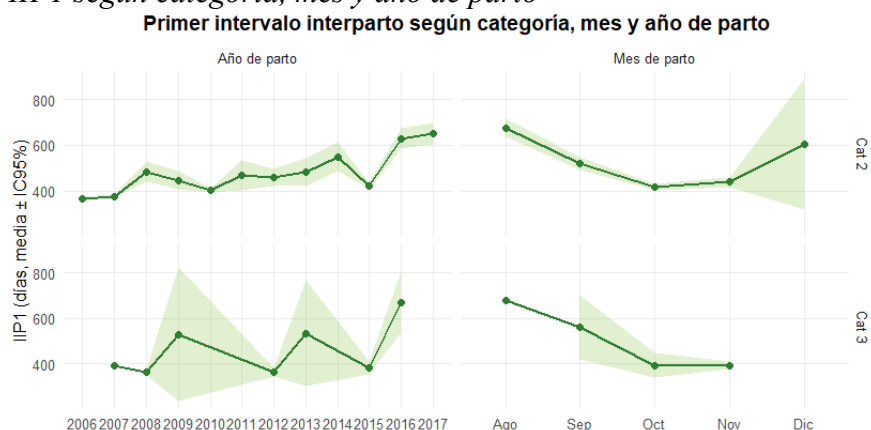


Nota. Elaborado con base en A. Larracharte (comunicación personal, 7 de agosto, 2025).

La figura 10 muestra la CCP por categoría de la vaca en relación con el año y mes de parto. En el panel correspondiente al año de parto, se observa variación anual en la CCP dentro de cada categoría. En general, la categoría 1 (nulíparas) presentó valores más altos y estables a lo largo de los años, mientras que las categorías 2 (primíparas) y 3 (multíparas) mostraron fluctuaciones más amplias. En todos los casos, la CCP se mantuvo dentro de un rango aproximado de 3,0 a 4,5.

En el panel correspondiente al mes de parto, la CCP mostró variaciones de menor magnitud. En las tres categorías, los valores tendieron a mantenerse relativamente constantes entre agosto y diciembre, con diferencias pequeñas entre meses. La categoría 1 presentó los valores más altos, la categoría 2 valores intermedios, y la categoría 3 los valores más bajos, manteniéndose ese orden de manera consistente.

Figura 11
IIP1 según categoría, mes y año de parto



Nota. Elaborado con base en A. Larracharte (comunicación personal, 7 de agosto, 2025).

En la figura 11, el panel correspondiente al año de parto, se observa variabilidad del IIP1 entre años para ambas categorías. En categoría 2, los valores se ubicaron principalmente entre aproximadamente 450 y 650 días, con fluctuaciones anuales moderadas. En categoría 3, los valores mostraron una amplitud mayor entre años, con medias que oscilaron entre aproximadamente 350 y 800 días, evidenciando una

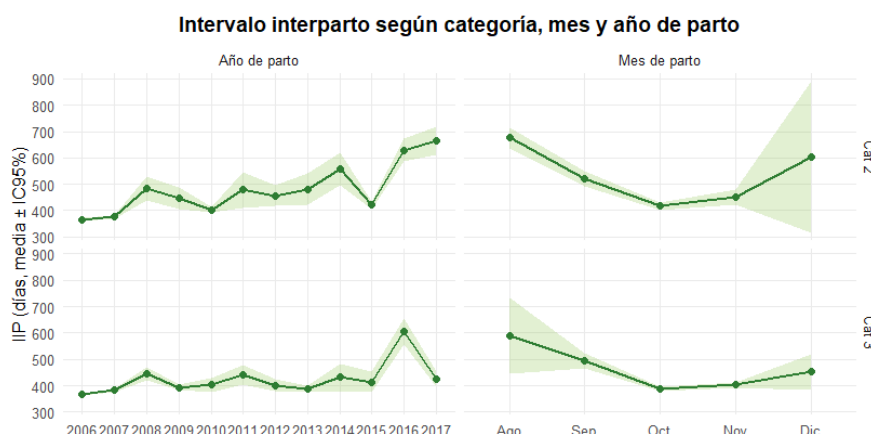
variabilidad más amplia dentro del período analizado. Las bandas de confianza fueron más extensas en algunos años, principalmente en categoría 3.

En el panel correspondiente al mes de parto, las diferencias mensuales en el IIP1 fueron menos marcadas. En categoría 2, los valores se mantuvieron entre aproximadamente 500 y 650 días entre agosto y noviembre, con una leve disminución hacia octubre. En categoría 3, los valores se ubicaron entre aproximadamente 400 y 700 días, observándose una reducción progresiva desde agosto hacia noviembre. Las bandas de confianza fueron más amplias en ciertos meses, indicando variabilidad dentro de las categorías.

En conjunto, la figura muestra variación temporal del IIP1 tanto entre años como entre meses, con mayor amplitud en categoría 3 y variaciones más moderadas en categoría 2.

Figura 12

IIP según categoría, mes y año de parto



Nota. Elaborado con base en A. Larracharte (comunicación personal, 7 de agosto, 2025).

La figura 12 presenta el IIP expresado como media con su intervalo de confianza del 95%, diferenciando dos categorías de vacas. El panel izquierdo muestra la variación del IIP a lo largo de los años evaluados, mientras que el panel derecho presenta la variación según el mes de parto.

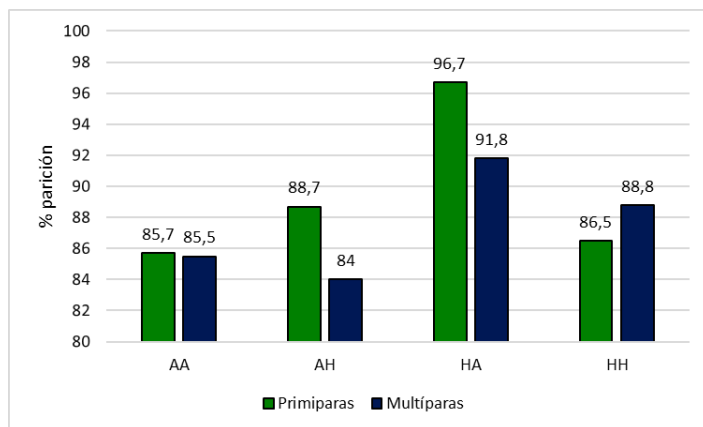
En el panel correspondiente al año de parto, en la categoría 2 los valores se ubicaron mayoritariamente entre aproximadamente 450 y 600 días, con fluctuaciones moderadas entre años. En la categoría 3, los valores se encontraron entre aproximadamente 400 y 650 días, con una mayor amplitud en algunos años y con intervalos de confianza más amplios en determinados períodos, reflejando mayor variabilidad dentro del grupo.

En el panel correspondiente al mes de parto, la variación fue más reducida. En la categoría 2, los valores disminuyeron desde agosto hacia octubre (aproximadamente 600 a 500 días), manteniéndose luego relativamente estables hasta diciembre. En la categoría 3, el IIP mostró una disminución desde agosto hacia octubre (aproximadamente 500 a 400 días) y se mantuvo en valores similares en noviembre y diciembre.

En la figura 13 se presentan los porcentajes de parición de diferentes categorías, para los distintos genotipos.

Figura 13

Resultado de parición según categoría y genotipo de la vaca



Nota. AA= Angus; AH=Angus-Hereford; HA=Hereford-Angus; HH= Hereford.

La gráfica muestra el porcentaje de parición según genotipo y categoría. En primíparas, los valores oscilaron entre 85,7% y 96,7%, siendo HA el genotipo con mayor porcentaje. En múltiparas, los valores se ubicaron entre 84,0% y 91,8%, con HA nuevamente presentando el porcentaje más alto. En ambos grupos se observaron porcentajes de parición elevados y variaciones moderadas entre genotipos.

5.3 Relación entre CCP al parto y el porcentaje de parición posterior

La probabilidad de que una vaca tuviera EP se estimó mediante un modelo de regresión logística binaria, considerando como variable explicativa principal la CCPprev. El modelo incluyó además los efectos fijos de año y mes de parto, categoría (nulíparas, primíparas y múltiparas), oferta de forraje, y los genotipos de la vaca y de los toros de servicio. Dado que el modelo lineal generalizado (GLM) tradicional presentó inestabilidad en la estimación de los coeficientes, el ajuste final se realizó mediante una penalización tipo Ridge (glmnet), lo que permitió estabilizar los estimadores y evitar problemas de separación en las categorías.

En la tabla 8 se muestran los resultados de porcentaje de preñez según genotipo y oferta.

Tabla 8

Porcentaje de preñez según genotipo y oferta

Oferta	Genotipo	Preñez	CC media	CC 80%
Alta	Puro	77	4,08	4,24
	Cruza	87	4,33	3,98
Baja	Puro	68	3,88	4,56
	Cruza	85	3,97	3,74

En la tabla 8 se observa que los porcentajes de preñez variaron según la oferta de forraje y el genotipo de la vaca. En alta oferta de forraje las vacas de genotipo cruza presentan mayor porcentaje de preñez en comparación con las puras. Esta tendencia se mantuvo en bajas ofertas de forraje.

La condición corporal media fue mayor en animales en situación de alta oferta de forraje, comparado con los de baja oferta de forraje, y a su vez, la mayor CC se dio en los animales de genotipo cruza, en ambas ofertas de forraje.

Al analizar los valores de CC con los que se logran un 80% de preñez, se observó que animales de genotipo puro requieren de mayor CC para asegurar un 80% de preñez, y dentro de estos, los animales en situación de baja oferta de forraje son los que necesitan lograr mayor CC (4,56 puntos en la escala), con respecto a los de alta oferta de forraje (4,24 puntos en la escala). Mientras tanto, los animales de genotipo cruza en alta oferta de forraje requieren mayor CC (3,98), con respecto a los animales en situación de baja oferta (3,74 puntos en la escala).

6. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este trabajo confirman la relevancia de la CCP como factor determinante de la eficiencia reproductiva en sistemas de cría extensivos sobre campo natural.

Los trabajos realizados en Uruguay sobre CCP se han centrado históricamente en vacas Hereford; en este sentido, el presente estudio constituye un aporte relevante al incluir la evaluación de la CCP para otros genotipos que hoy integran gran parte del rodeo nacional, tales como Angus y las cruzas recíprocas Hereford × Angus, permitiendo comparar su desempeño reproductivo bajo un mismo sistema extensivo de campo natural.

Los estudios realizados por Orcasberro (1997), establecen que, en vacas Hereford manejadas en sistemas extensivos, para lograr valores de preñez próximos al 80% se debe alcanzar una condición corporal al parto de al menos 4 puntos. Sin embargo, los resultados de este estudio muestran que dicho valor no es igual para los diferentes genotipos. Tal como se observa en la Tabla 8, las cruzas alcanzan porcentajes de preñez de 80% con valores de CCP inferiores a 4, mientras que los genotipos puros requieren valores superiores para lograr desempeños comparables.

La oferta de forraje aparece como un factor central para explicar cómo cada genotipo logra o no alcanzar estos niveles de CCP. Los estudios realizados muestran que, en escenarios de alta disponibilidad forrajera, todos los genotipos alcanzaron mayores valores de CCP y mayores porcentajes de preñez; mientras que, bajo condiciones restrictivas, las diferencias genéticas se hicieron más evidentes. Las cruzas mostraron una mayor capacidad para sostener niveles de CPP, mientras que Angus y Hereford puros presentaron descensos más marcados y consecuentes pérdidas reproductivas.

Este comportamiento diferencial puede atribuirse al efecto de la heterosis, fenómeno genético por el cual los animales cruza presentan un desempeño superior al de las razas puras. En este caso la heterosis se expresa en una mejor eficiencia reproductiva aun con menores niveles de CCP, reflejado una mayor capacidad de adaptación a las condiciones de oferta forrajera variables. En Uruguay, Espasandin et al. (2006) demostraron efectos heteróticos positivos en cruza Hereford × Angus, sobre características productivas y reproductivas, con impacto económico favorable. En conjunto, estos resultados refuerzan el valor del cruzamiento dirigido como herramienta para mejorar la regularidad reproductiva del rodeo de cría en Uruguay.

Con respecto al porcentaje de parición con las diferentes categorías y genotipos, en general las primíparas presentaron valores de parición superiores a los de las multíparas, lo que puede estar explicado por diferencias fisiológicas asociadas al anestro post parto. Short et al. (1990) establecieron que el amamantamiento prolonga el anestro post parto; por lo tanto, al no tener una cría lactante, las primíparas se ven favorecidas, obteniendo mayores niveles de parición en esta categoría.

Los resultados mostraron una variación de la condición corporal al parto según el año y el mes de parto, reflejando la marcada estacionalidad de los sistemas extensivos basados en campo natural. Las diferencias observadas entre años concuerdan con la dinámica estacional característica de estos sistemas, en los que los meses previos al parto constituyen un período crítico desde el punto de vista nutricional para vacas en gestación avanzada y lactancia tardía. Según lo reportado por Arango et al. (2002), tanto el peso

corporal como la condición corporal de las vacas de cría fluctúan estacionalmente en función de los cambios ambientales y de las demandas fisiológicas, especialmente durante la preñez y la lactancia, que determinan la magnitud de deposición o movilización de reservas corporales.

Esta tendencia fue consistente en la serie analizada, los años con menor oferta de forraje mostraron descensos más pronunciados en la CCP, mientras que los años con mayor disponibilidad presentaron valores más altos y una variabilidad menor. En concordancia con estos resultados, Quintans et al. (2008) ha señalado que, en sistemas extensivos con estacionalidad marcada, las vacas movilizan reservas corporales durante el período previo al parto cuando la disponibilidad de forraje es limitada, especialmente en los meses de agosto–setiembre, lo que evidencia el fuerte vínculo entre oferta forrajera y condición corporal

También se observó una variación de la CCP según el momento del año en que ocurre el parto. Los valores más bajos se registran en los meses de agosto y septiembre, coincidiendo con el final del invierno, etapa en la que la oferta de forraje es más limitada y las vacas atraviesan el último tercio de gestación. En cambio, los partos ocurridos en noviembre y diciembre presentan valores más altos de CCP, lo que puede explicarse por la recuperación nutricional que ocurre en primavera, cuando la producción de pasto aumenta significativamente. Esta tendencia refuerza lo señalado por Saravia et al. (2011), considerando la importancia de alinear el ciclo reproductivo con la curva estacional de producción forrajera, procurando que el parto ocurra en momentos de mayor disponibilidad de recursos.

Esta integración entre CCP, genotipo, oferta de forraje y variación mes y año, evidencia dos aspectos importantes, en primer lugar, la CCP funciona como una herramienta predictiva confiable para anticipar el desempeño reproductivo del rodeo; cuando la oferta de forraje no permite alcanzar los valores críticos de condición corporal, es posible prever pérdidas reproductivas, y ajustar el manejo (destete precoz, restricciones de carga suplementación). En segundo lugar, los resultados sugieren que las cruza requieren niveles menores de CCP para sostener la eficiencia reproductiva, mientras que los genotipos puros presentan una mayor sensibilidad a variaciones en oferta de forraje, lo que destaca el valor del cruzamiento como estrategia para mejorar la estabilidad reproductiva en sistemas extensivos.

Cabe aclarar que la base de datos original fue dividida en dos períodos de tiempo, lo que permitió simplificar el análisis de un conjunto de datos extenso. Esta decisión metodológica pudo haber generado consecuencias en cuanto a los resultados obtenidos.

7. CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en este trabajo indican que la condición corporal al parto es un factor determinante para el desempeño reproductivo posterior. Se observó que, a mayores valores de condición corporal, aumentó la probabilidad de preñez, indicando que el porcentaje de preñez obtenido en el servicio posterior al parto depende positivamente del estado corporal de la vaca.

Asimismo, los resultados muestran diferencias entre genotipos en la relación entre condición corporal y preñez. Las cruzas Hereford x Angus y Angus x Hereford presentaron mayores tasas de preñez con menores valores de condición corporal, e comparación con los genotipos puros. Esto respalda la hipótesis de que los animales cruza requieren niveles más bajos de condición corporal para alcanzar el mismo desempeño reproductivo, evidenciando una ventaja genética asociada a efectos de heterosis.

La oferta de forraje influyó tanto en la condición corporal como en los resultados reproductivos, particularmente en los genotipos puros, que requirieron mayores niveles de CCP para alcanzar valores similares de preñez. En cambio, las cruza mostraron un mejor desempeño relativo bajo distintas condiciones de oferta, sugiriendo una mayor capacidad de adaptación a variaciones en la disponibilidad de recursos.

En conjunto, estos resultados confirman las hipótesis planteadas, destacando que la interacción entre condición corporal, genotipo y oferta de forraje determinan la eficiencia reproductiva del rodeo. En este sentido, es de confianza hacer uso de esta herramienta de diagnóstico, accesible y de alto valor práctico, con el fin de anticipar resultados productivos y orientar decisiones de manejo.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Andiarena, F., & Gardiol, N. (2024). *Actualización de la base de datos del programa Condición Corporal para la raza Hereford* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/47077>
- Arango, J. A., Cundiff, L. V., & Van Vleck, L. D. (2002). Genetic parameters for weight, weight adjusted for body condition score, height, and body condition score in beef cows. *Journal of Animal Science*, 80(12), 3112-3122. <https://doi.org/10.2527/2002.80123112x>
- Botta Areal, M., & Montero Nogueira, R. (2020). *Condición corporal al parto y comportamiento reproductivo posterior en la raza Angus, Hereford y cruzas* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/31369>
- Caballero, V., González, I., & Gularte, S. (2018). *Condición corporal y grasa subcutánea en razas Hereford, Angus y cruzas* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/28335>
- Carámbula, M., Bermúdez, R., Ayala, W., & Carriquiry, E. (1997). Campo natural: Variables básicas que permiten fijar pautas para su manejo. En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Jornada anual de producción animal* (pp. 5-13). <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4111/1/ad-136.pdf>
- Carreño, M. (2024). *Actualización de la base de datos de Condición Corporal en la raza Angus de Uruguay* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Correcciones bibliográficas de Trabajos Finales de Grado. <http://tesis.fagro.edu.uy/index.php/tg/catalog/view/321/222/6678>
- Espasandin, A. C., Franco, J., Olivera, G., Bentancur, O., Gimeno, D., Pereyra, F. & Rogberg, M. (2006). Impacto productivo y económico del uso del cruzamiento entre las razas Hereford y Angus en el Uruguay. En Centro Médico Veterinario de Paysandú (Ed.), *XXXIV Jornadas Uruguayas de Buiatría* (pp. 41-51). <http://dspace.fvet.edu.uy:8080/xmlui/handle/123456789/301>
- Espasandin, A. C., & Pérez, N. (2015). Nuevas tecnologías para calificar la condición corporal en vacas de cría. *Cangüé*, (36), 8-11.

- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2023). *Anuario estadístico agropecuario 2023*. MGAP. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/anuario-estadistico-agropecuario-2023>
- Oficina de Programación y Política Agropecuaria. (2018, 10 de diciembre). *Resultados de la Encuesta Ganadera Nacional 2016*. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/datos-y-estadisticas/estadisticas/resultados-encuesta-ganadera-nacional-2016>
- Orcasberro, R. (1997). Estado Corporal, control del amamantamiento y performance reproductiva de rodeos de cría. En M. Carámbula, D. Vaz Martins, & E. Indarte (Eds.), *Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva* (pp. 158-163). INIA.
- Pereyra, F., Urioste, J. I., Gimeno, D., Peñagaricano, F., Bentancur, D., & Espasandín A. (2015). Parámetros genéticos en la etapa de cría para el cruzamiento entre Hereford y Angus en campo natural. *Agrociencia (Uruguay)*, 19(1), 140-149. <http://www.scielo.edu.uy/pdf/agro/v19n1/v19n1a16.pdf>
- Quintans, G., Banchemo, G., Carriquiry, M., López, C., & Baldi, F. (2008). Efecto de la condición corporal y la restricción del amamantamiento con y sin presencia del ternero sobre la producción de leche, anestro posparto y crecimiento de los terneros. En G. Quintans, J. I. Velazco, & G. Roig (Eds.), *Seminario de actualización técnica: Cría vacuna* (pp. 172- 181). INIA. <https://www.inia.uy/sites/default/files/publications/2024-06/st-174-2008-p.172-181.pdf>
- Saravia, A., César, D., Montes, E., Taranto, V., & Pereira, M. (2011). *Manejo del rodeo de cría sobre campo natural*. Plan Agropecuario. https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/libros/21_manual.pdf
- Scaglia, G. (1997). *Nutrición y reproducción de la vaca de cría: Uso de la condición corporal*. INIA.
- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3-4), 591-611. <https://doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591>

- Short, R. E., Bellows, R. A., Staigmiller, R. B., Berardinelli, J. G., & Custer, E. E. (1990). Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *Journal of Animal Science*, 68(3), 799-816.
<https://doi.org/10.2527/1990.683799x>
- Soca, P., Do Carmo, M., & Claramunt, T. (2007). Sistemas de cría en ganadería pastoril sobre campo nativo sin subsidios: Propuesta tecnológica para estabilizar la producción de terneros con intervenciones de bajo costo y de fácil implementación. *Avances en Producción Animal*, 32(1-2), 3-26.
<https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/bea8ee85-fecf-4071-8207-8627b217249c/content>
- Soca, P., Espasandin, A., & Carriquiry, M. (2013). *Efecto de la oferta de forraje y grupo genético de las vacas sobre la productividad y sostenibilidad de la cría vacuna en campo natural*. INIA.
<https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/1370/1/18429161213113554.pdf>
- Soca, P., & Simeone, A. (1998). *Manejo del rodeo de cría: En base a estado corporal, altura de pasto y control del amamantamiento*. Plan agropecuario; INIA.
<https://www.inia.uy/sites/default/files/publications/2024-10/INIA-PLAN-1998-Cartilla-7.pdf>
- Vizcarra, J. A., Ibáñez, W., & Orcasberro, R. (1986). Repetibilidad y reproductibilidad de dos escalas para estimar la condición corporal en vacas Hereford. *Investigaciones Agronómicas*, (7), 45-47.
<https://www.inia.uy/sites/default/files/publications/2024-10/Inv.Agr.-1986-No.7.pdf>