



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

Factores que afectan las pérdidas reproductivas desde el servicio hasta el destete de los terneros

Rodrigo Nicolás VIVIÁN PARADIZO

Magíster en Ciencias Agrarias opción Ciencias Animales

Febrero 2023

**Factores que afectan las pérdidas
reproductivas desde el servicio hasta el
destete de los terneros**

Rodrigo Nicolás VIVIÁN PARADIZO

Magíster en Ciencias Agrarias opción Ciencias
Animales

Febrero 2023

Tesis aprobada por el tribunal integrado por la PhD. Georget Banhero, la PhD. Carolina Viñoles y el PhD. Gabriel Ciappesoni el 13 de febrero de 2023. Autor: Ing. Agr. Rodrigo Nicolás Vivián Paradizo. Directora: PhD. Ana Carolina Espasandín Mederos. Codirectora: PhD. Raquel Pérez Clariget.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por el apoyo incondicional y aguantarme en todo este proceso.

A mis abuelos, que me llevaron a esta profesión.

¡A todos los que de alguna forma u otra formaron parte de esta etapa!

¡GRACIAS!

TABLA DE CONTENIDO

	página
PÁGINA DE APROBACIÓN	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN.....	VII
SUMMARY	VIII
1.INTRODUCCIÓN	1
1.1.PÉRDIDAS REPRODUCTIVAS DESDE EL INICIO DEL SERVICIO HASTA DESTETE EN LOS RODEOS DE CRÍA	4
1.2.PÉRDIDAS EMBRIONARIAS TEMPRANAS	5
1.3.PÉRDIDAS EMBRIONARIAS TARDÍAS	6
1.4.PÉRDIDAS FETALES.....	9
1.5.PÉRDIDAS PERINATALES.....	9
1.6.PÉRDIDAS HASTA EL DESTETE.....	10
1.7.CRUZAMIENTOS COMO ALTERNATIVA PARA MEJORAR LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA	10
2.REPRODUCTIVE LOSSES IN BEEF CATTLE REARING ON EXTENSIVE SYSTEM PRODUCTION: EFFECTS OF GENOTYPE AND PARITY.....	12
2.1.RESUMEN	13
2.2.ABSTRACT	14
2.3.INTRODUCTION	15
2.4.MATERIALS AND METHODS	17
2.5.RESULTS	19
2.6.DISCUSSION.....	21
2.7.CONCLUSIONS.....	24
2.8.DECLARATION OF COMPETING INTEREST.....	24
2.9.ACKNOWLEDGEMENT	24
2.10.REFERENCES	25
3.INTERVALO PARTO-CONCEPCIÓN EN VACAS DE CRÍAS PURAS Y CRUZA EN UN SISTEMA EXTENSIVO DE PRODUCCIÓN	32
3.1.INTRODUCCIÓN.....	33
3.2.MATERIALES Y MÉTODOS	33
3.3.RESULTADOS.....	34
3.4.DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	34

3.5.REFERENCIAS	36
4.CROSSBRED COWS HAVE LOWER REPRODUCTIVE LOSSES THAN PUREBRED IN RESTRICTIVE NUTRIENT CONDITIONS.....	38
4.1.RESUMEN	39
4.2.ABSTRACT	40
4.3.INTRODUCTION	41
4.4.MATERIALS AND METHODS	43
4.5.RESULTS	45
4.6.DISCUSSION.....	47
4.7.CONCLUSIONS.....	50
4.8.DECLARATION OF COMPETING INTEREST.....	50
4.9.ACKNOWLEDGEMENT	50
4.10.REFERENCES	51
5.DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES	58
5.1.DISCUSIÓN GENERAL	58
5.2.CONCLUSIONES GENERALES	63
6.BIBLIOGRAFÍA.....	63

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estudiar las pérdidas reproductivas desde el servicio hasta el destete de vacas de cría puras [Hereford (HH) y Angus (AA)] y sus cruza F1 (HA y AH bajo dos ofertas de forraje (OF) de campo natural). Para ello, se incluyó el efecto de la paridad, la interacción del genotipo (GG) y la paridad; y el efecto de la heterosis retenida (HR) sobre el intervalo parto-concepción (IPC). Dichas pérdidas se estudiaron en tres períodos: I) desde el de inicio del servicio hasta el diagnóstico de preñez (DP), II) desde el DP hasta el parto y III) desde el parto hasta el destete. Se utilizaron dos bases de datos de 2505 y 543 registros de diagnóstico de preñez, parto y destete recolectados en dos períodos diferentes (trabajo I: 1994-2006; trabajo II: 2007-2015). En el trabajo I, las pérdidas reproductivas se vieron afectadas por el GG ($P < 0,01$). Las vacas puras presentaron mayores pérdidas reproductivas que sus cruza ($P < 0,01$). La paridad afectó las pérdidas reproductivas ($P < 0,01$), las primíparas presentaron mayores pérdidas ($P \leq 0,02$). Ambos factores afectaron solo las pérdidas reproductivas en el período I ($P < 0,01$). No hubo interacción significativa entre GG y paridad. El IPC fue afectado por el GG ($P < 0,004$); las cruza tuvieron 6,76 días menos de IPC que las puras. Por cada día que aumentó el IPC, la probabilidad que presentaron las hembras de quedar preñada al siguiente servicio disminuyó en 0,76 días ($P < 0,004$). Las vacas puras presentaron mayor probabilidad de no producir un ternero al año siguiente del parto que las cruza ($P < 0,003$). En el trabajo II, el GG afectó las pérdidas reproductivas en el período I ($P < 0,01$); las vacas puras tuvieron mayores pérdidas ($P < 0,01$) que las vacas cruza, sin diferencias entre los grupos de OF en los períodos estudiados. Sin embargo, la interacción entre los factores fue significativa ($P = 0,05$). Las vacas puras en baja OF presentaron mayores pérdidas reproductivas ($P = 0,04$), pero sin diferencias entre GG en alta OF. En conclusión, ante condiciones de restricción nutricional, las vacas cruza tienen menores pérdidas reproductivas y menor IPC, por lo tanto, son más eficientes desde el punto de vista reproductivo.

Palabras clave: vacas de carne, perdida de preñez, genotipo, campo natural

FACTORS AFFECTING REPRODUCTIVE LOSSES FROM BREEDING TO WEANING OF CALVES SUMMARY

The objective of this work was to study the reproductive losses from service to weaning of pure breeding cows [Hereford (HH) and Angus (AA)] and their F1 crosses (HA and AH), the effect of parity, the interaction between genotype (GG) and parity and the effect of retained heterosis (HR) on the calving-conception interval (IPC); in addition, these losses were compared in pure cows and multiparous crosses, but before two herbage allowance (OF) of natural grassland. These losses were studied in three periods: I) from the beginning of the service to the pregnancy diagnosis (PD); II) from PD to calving; III) from calving to weaning. Two databases were used of 2505 and 543 PD, calving and weaning collected in two different periods (article I: 1994-2006; article II: 2007-2015). GG affected reproductive losses ($P < 0.01$). On average, pure cows presented greater losses than their crosses ($P < 0.01$). Parity affected losses ($P < 0.01$), primiparous presented greater losses ($P \leq 0.02$). Both factors affected only reproductive losses in period I ($P < 0.01$). Pure cows had higher reproductive losses ($P < 0.01$), with no differences within each GG. Primiparous cows had the highest losses ($P \leq 0.01$). No interaction between GG and parity was found. The IPC was affected by GG ($P < 0.004$); crosses had 6.76 fewer days of IPC than pure ones. For each day that the IPC increases, the probability of becoming pregnant to the next service decreases 0.76 days ($P < 0.004$). Pure cows were more likely not to produce a calf one year after calving than crosses ($P < 0.003$). GG affected losses in period I ($P < 0.01$); pure cows had higher losses ($P < 0.01$) than crossbreed cows, with no differences between the OF groups in the periods studied. However, the interaction between the factors was significant ($P = 0.05$). Pure cows in low OF presented greater losses ($P = 0.04$), but without differences between GG in high OF. In conclusion, under conditions of nutritional restriction, crossbreed cows have lower reproductive losses, lower IPC, so, more efficient from the reproductive point of view.

Keywords: beef cows, pregnancy loss, genotype, natural grassland

1. INTRODUCCIÓN

A pesar de la crisis sanitaria provocada por el COVID-19 que comprometió la cadena agroexportadora con una reducción del 11 %, la exportación de carne sigue siendo el rubro agropecuario que más aporta a la economía nacional [1585 millones de dólares (DIEA, 2020)], con la carne bovina representando el 20 % del total de los ingresos. En este sentido, la producción de carne basada en ecosistemas pastoriles resulta en importantes aportes a la economía de Uruguay y ha tenido, en los últimos años, un fuerte incremento. Sin embargo, el stock ganadero proyectado presenta una reducción del número de cabezas asociado a una tasa de extracción en crecimiento, junto a una tasa de remplazos que no se ha mantenido a la par. Este proceso parece agotarse, por lo que sería necesario aumentar la producción de terneros por vaca de cría para seguir aumentando la tasa de extracción. En este sentido, el porcentaje de destete fluctúa entre años, manteniéndose desde hace varias décadas alrededor del 64 %, lo que afecta el resultado físico-económico de los predios (Pereira y Soca, 2000). Datos de DIEA indican que anualmente se registra una diferencia del 8 al 10 % entre el porcentaje de preñez y el de animales destetados (DIEA, 2020). El bajo porcentaje de preñez de los rodeos de cría ha sido atribuido al largo anestro posparto (APP; Quintans et al., 2010), considerado como la mayor limitante en el comportamiento reproductivo de la vaca de cría tanto en lo nacional (Quintans et al., 2008) como en lo internacional (Hess et al., 2005). La baja condición corporal (CC) al parto (Orcasberro, 1991) y al amamantamiento-presencia del ternero (Quintans et al., 2004) son los factores que más impactan en el largo del APP en rodeos con un buen estatus sanitario. Se han reportado duraciones del período de APP mayores a 120 días en vacas primíparas (Quintans y Vázquez, 2002) o de 92 días en promedio en vacas adultas paridas (Quintans et al., 2004).

La producción de forraje (campo natural) varía anualmente y la clave para optimizar la eficiencia del rodeo de cría, es hacer coincidir los requerimientos de las vacas con la curva de producción de forraje de los Campos (Rovira Molins, 1996). La menor productividad del campo natural se da durante el invierno (Bermúdez y Ayala, 2005), siendo el verano que el presenta la mayor variabilidad (Berretta et al., 2000).

Por lo tanto, es importante utilizar correctamente la capacidad de las vacas de depositar reservas (tejido adiposo) cuando la disponibilidad de forraje es incrementada, y que puedan movilizar en períodos de menor disponibilidad (Soca y Orcasberro, 1992). Este concepto dio origen a un modelo de uso del forraje basado en su altura y diferimiento, que acompaña el ciclo reproductivo de la vaca a lo largo del año, y permite regular sus requerimientos para manejar adecuadamente la condición corporal, a niveles compatibles con un adecuado resultado reproductivo (Soca y Orcasberro, 1992). Se plantea entonces reducir los requerimientos a principios de otoño a través de la interrupción definitiva del amamantamiento (destete) para mejorar la condición corporal y permitir una movilización controlada de grasa durante el invierno a través del uso de forraje diferido (Soca y Orcasberro, 1992), debido a que el invierno coincide con el momento en el que las vacas se encuentran en gestación avanzada o inicio de lactancia (Do Carmo et al., 2016), lo que determina un período de balance energético negativo (BEN), debido a que los requerimientos no son satisfechos por el consumo de energía (Bell, 1995). Este efecto se ve exacerbado en vaquillonas de primer servicio, las que, además de los requerimientos mencionados, deben continuar su crecimiento, sumado al estrés del primer parto y la primera lactancia (Carroll y Hoerlin, 1966, Astessiano et al., 2012). Por lo tanto, si se realiza un manejo adecuado de ambas variables (asignación de forraje y reservas corporales), llegando las vacas adultas al parto con condición corporal 4 y las vacas de primera cría con una condición corporal 5, la preñez debería superar el 75% sin realizar otro tipo de intervenciones (Soca y Orcasberro, 1992). El parto coincide con la mayor producción de forraje en primavera, con el objetivo de cubrir los altos requerimientos de la lactación, particularmente a partir de las tres semanas de vida del ternero, en que aumenta su capacidad de consumo (Cantet, 1983), dónde las pasturas naturales (mayormente estivales) comienzan a crecer y, de esa forma, se incrementa el nivel nutricional de las vacas, lo que se refleja en mayor producción de leche y asegura un adecuado crecimiento de los terneros (Rovira Molins, 1996, Gutiérrez et al., 2013). A partir del pico de lactación, las vacas pueden comenzar a mejorar su condición corporal, siempre que la producción de forraje del verano no sea limitante. A partir de la década de los 90, la investigación nacional se concentró en generar distintas alternativas para superar las restricciones

mencionadas anteriormente; entre ellas se destacan manejos durante el parto (Clariget et al., 2020) y posparto (Pérez-Clariget et al., 2007, Soca et al., 2013, Clariget et al., 2020), ya sea a través del incremento en el nivel alimenticio durante la primavera (verdeos, mejoramientos de campo, suplementaciones energéticas) o de distintas técnicas de control del amamantamiento: destete temporario (Soca y Orcasberro, 1992, Hess et al., 2005) o precoz (Simeone y Beretta, 2003).

Debido a la gran variación en la producción de forraje que existe a nivel nacional, en rodeos de cría, el aumento de la oferta de forraje se ha asociado con un mayor PV y CC de la vaca, así como con aumentos en la producción de leche de la madre y PV del ternero (Nicoll, 1979, Baker et al., 1981, Gutierrez et al., 2013). La principal herramienta para controlar la intensidad de pastoreo sería el control de oferta de forraje definido como los kg de materia seca (MS) por cada kg de peso vivo (PV) (Sollenberger et al., 2005) incrementando tanto la productividad de la pastura (Maraschin et al., 1997, Soares et al., 2003) como la productividad animal (Stuedemann y Franzluebbbers, 2007). Por otra parte, la productividad del sistema criador (peso al destete y eficiencia reproductiva) está influenciado por el componente genético. El genotipo de la vaca está representado por la o las razas que lo compongan (efectos raciales), así como por la interacción que se genera entre ellas, vigor híbrido o heterosis (Espasandín et al., 2010).

Si bien las tasas de fertilidad en ganado de carne son generalmente altas (entre 90 y 100 %) solo el 70 % de todas las preñeces resulta en un ternero nacido (Diskin y Morris, 2008). Para que los ciclos productivos-reproductivos sean exitosos, luego de reiniciada la ciclicidad, el desafío es que la vaca conciba, mantenga la preñez hasta el parto, y que el ternero sobreviva hasta el destete. En cada una de estas etapas pueden producirse pérdidas reproductivas cuya etiología es multifactorial: nutricional, fisiológica, patológica y genética, entre otras (Bage et al., 2002, Campero et al., 2017, Dutra, 2013).

Sin embargo, la mayor causa de pérdidas reproductivas reportadas en la literatura es la mortalidad embrionaria antes de la implantación (30 %; Lamb et al., 2010) debida a una asincronía en la señalización entre el embrión y la madre que

provoca un retraso en el crecimiento del embrión (Thatcher et al., 2017). Esta problemática ha sido estudiada a nivel internacional (Ayalon, 1978) y nacional (Astessiano et al., 2017, Meikle et al., 2018) en vacas lecheras, modelo que no incluye al ternero. Existe información disponible sobre el anestro posparto en la vaca de cría y alternativas para acortarlo (Quintans et al., 2004, Soca et al., 2013, Clariget et al., 2020). Sin embargo, el esfuerzo por preñar las vacas de cría debe ser seguido por la retención de la preñez y el destete de un ternero, pero, a pesar de que las pérdidas reproductivas desde el diagnóstico de gestación al destete son del orden del 8 al 10 %, la información disponible es escasa (DIEA, 2020).

1.1. PÉRDIDAS REPRODUCTIVAS DESDE EL INICIO DEL SERVICIO HASTA DESTETE EN LOS RODEOS DE CRÍA

Las pérdidas reproductivas siguen siendo uno de los principales problemas que enfrenta la producción ganadera a nivel mundial. Tanto en ganado para producción de leche o carne, se ha reportado que la ineficiencia reproductiva cuesta a los productores más de mil millones de dólares anuales (USDA, 2010). Se puede considerar como pérdidas desde que la vaca comienza la época de servicios hasta que la vaca desteta los terneros, porque el interés de los productores criadores es vender la mayor cantidad de terneros por vaca servida por año.

La primera condición para que una vaca quede preñada es que haya superado el anestro posparto (APP). En nuestro país, la duración del APP ha sido detectado como una de las mayores limitantes de la eficiencia reproductiva que presentan los rodeos de cría (Quintans et al., 2004). Por otra parte, la subfertilidad, principalmente debido a las altas pérdidas embrionarias, es también una de las principales amenazas de la eficiencia y sostenibilidad de la industria (Diskin et al., 2011). Según Humblot (2001), estas pérdidas pueden caracterizarse como muerte embrionaria temprana (día 1 al 27), muerte embrionaria tardía (ocurre entre los días 28 y 42) y muerte fetal (después del día 42). El momento de estas pérdidas puede variar según la etapa del ciclo productivo, la composición genética, el ambiente y las condiciones de manejo (Pohler et al., 2020). Por último, la mortalidad de terneros (desde el nacimiento hasta el destete) puede

causar grandes pérdidas económicas; se han reportado desde 6 % (Sanderson y Dargatz, 2000) hasta 30 % (Singh et al., 2009) de mortalidad de terneros en ese período. Las causas de muerte son multifactoriales, destacándose la distocia como la principal causa de pérdidas desde el parto hasta el destete (Matto, 2008). La influencia de la raza del padre utilizada en el cruzamiento tiene un efecto pronunciado en el peso al nacer del ternero y, por lo tanto, en la ocurrencia de distocia (Price y Wiltbank, 1978). El servicio con toros de bajo peso al nacer, que tengan valores de diferencia esperada de progenie con alta exactitud para esta característica y la de facilidad de parto, es clave para lograr una eficiencia reproductiva adecuada y minimizar los problemas de distocia (Campero et al., 2017).

1.2. PÉRDIDAS EMBRIONARIAS TEMPRANAS

Tanto las vacas para producción de leche y carne tienen tasas de fertilización relativamente altas, y la mayoría de los embriones aún son viables 7 días después del servicio. En el día 7, el 70-75 % de las hembras para producción de carne y el 65-70 % de las hembras lecheras que son inseminadas artificialmente después de la expresión del estro tendrán un blastocisto en desarrollo (Wiltbank et al., 2016, Reese et al., 2020). A pesar de estos porcentajes relativamente altos, las tasas de fertilización se ven afectadas negativamente en los días posteriores, y las hembras que no logran quedar preñadas durante este período inicial son de difícil detección, dado que manifiestan un ciclo estral de duración normal.

En bovinos para carne, la mayoría de las muertes embrionarias ocurren entre los días 8 y 16 posovulación (Diskin y Sreenan, 1980, Diskin y Morris, 2008). Cerca del 44 % de las preñeces se pierden alrededor de este período (Wiltbank et al., 2016, Reese et al., 2020). Se ha postulado que la mortalidad embrionaria en la etapa de preimplantación se debe a problemas en la señalización entre el embrión y la madre (Goff, 2002). La mayor parte de los embriones se pierden durante el momento de reconocimiento materno de la gestación (día 16), proceso fisiológico en el cual el embrión, mediante señales moleculares como la secreción de interferón *tau* (τ), anuncia su presencia en el tracto reproductivo materno. La secreción de IFN- τ evita que se

desencadene el mecanismo luteolítico ejercido por la prostaglandina endometrial sobre el cuerpo lúteo, lo que prolonga la vida de este y garantiza la producción de progesterona (Spencer et al., 2016). De hecho, la sincronía entre el ambiente materno y el embrión debe ser estricta y esencial para la implantación exitosa del embrión (Roberts et al., 1992, Mann y Lamming, 2001). Si bien los factores intrínsecos del embrión pueden reducir la fertilidad (Lonergan et al., 2016), un microambiente uterino subóptimo se ha relacionado fuertemente con el fracaso de la preñez (Baez et al., 2016). En consecuencia, la señalización deficiente durante este período crítico puede conducir a la pérdida de preñez (Garrett et al., 1988, Matsuyama et al., 2012).

1.3. PÉRDIDAS EMBRIONARIAS TARDÍAS

La mortalidad embrionaria tardía y la mortalidad fetal temprana constituyen un pequeño porcentaje de las pérdidas totales de preñeces (Pohler et al., 2020). Sin embargo, debido a las prácticas de manejo, se estima que la mortalidad embrionaria tardía reduce en un 5 al 8% la tasa de preñez en vacas para carne y más del 15 % de las preñeces en vacas lecheras (Wiltbank et al., 2016, Reese et al., 2020). Si bien la investigación se ha centrado en las pérdidas embrionarias tempranas como la principal limitante, durante el desarrollo embrionario tardío se produce la formación de los placentomas y la expansión placentaria exponencial (Assis et al., 2010). Las deficiencias en el crecimiento o la función placentaria pueden tener graves consecuencias e impactar de forma negativa sobre las pérdidas embrionarias tardías (Pohler et al., 2020).

1.1.1. Factores asociados a las pérdidas

Las causas de muerte embrionaria, tanto temprana como tardía, son muy diversas y pueden deberse a factores sanitarios, fisiológicos, ambientales y especialmente nutricionales. La selección de hembras para llevar a cabo la preñez y producir descendencia viva es probablemente el factor más importante para aumentar la eficiencia reproductiva de un rodeo (Pohler et al., 2020). Las fallas reproductivas

varían según la subespecie, la paridad y el método de reproducción utilizado. Reese et al. (2020), mediante el estudio de un metaanálisis, evaluaron más de 56.000 registros de diferentes estudios y reportaron un porcentaje mayor de pérdidas embrionarias durante el primer mes de gestación para vacas de raza *Bos indicus* (50,4 %) en comparación con sus homólogas *Bos taurus* (44 %). Sin embargo, mencionan que el número de animales provenientes de la subespecie *Bos indicus* no era representativo con respecto a los *Bos taurus*.

A su vez, la paridad también impacta sobre la mortalidad embrionaria temprana, las hembras muy jóvenes o mayores suelen tener problemas tanto para lograr la fertilización del óvulo como para mantener vivo al embrión. Shorten et al. (2015) encontraron una relación negativa significativa entre la edad de las vacas y el porcentaje de preñez: vacas con menos de 2 años y mayores a 6 tienen limitada la capacidad de quedar preñadas. Asimismo, se han reportado mayores porcentajes de pérdidas para vacas primíparas (54,7 %) en comparación con las nulíparas (44,3 %) y múltiparas (48 %, Reese et al., 2020).

Por otro lado, el uso de biotecnologías reproductivas también provoca pérdidas embrionarias. Vacas inseminadas artificialmente presentan pérdidas del orden de 32,2 %, mientras que en las inseminadas a tiempo fijo este valor se ubica en 49,5 % y en vacas sometidas a transferencia embrionaria el 54,6 % falla en retener la preñez (Pohler et al., 2020). Richardson et al. (2016) realizaron un trabajo exhaustivo sobre la expresión del estro mediante protocolos de inseminación a tiempo fijo donde reportaron que las vaquillonas que presentaron estro antes de la inseminación artificial tuvieron una tasa de concepción 27 % superior en comparación con las que no manifestaron estro. La expresión del estro con el uso de protocolos de inseminación a tiempo fijo es muy variable: se menciona que un 20-80 % de los animales no presentan celo antes de la inseminación artificial en las subespecies *Bos indicus* y *Bos Taurus* (Richardson et al., 2016, Thomas et al., 2017, Rodríguez et al., 2018).

Dentro de los factores exteroceptivos, la nutrición tiene un rol destacado en las pérdidas embrionarias. Vacas con baja CC tienen mayor incidencia de pérdidas embrionarias tempranas que aquellas que presentan un buen estatus nutricional (Dunn y Moss, 1992), dado que el eje hipotálamo-hipófisis ovárico, recibe señales endócrinas

de diferentes tejidos vinculados al estatus nutricional de la vaca (tejido adiposo, páncreas, hígado, entre otros, Meikle et al., 2018). Por otro lado, Noya et al. (2019) reportaron que, en vacas multíparas, si bien la subnutrición temprana afecta los perfiles metabólicos, no se compromete la concentración de progesterona o la proteína B específica de la preñez (PSPB, secretada por las células trofoblásticas del embrión que entran a la circulación materna). En esta misma línea, Serrano-Pérez et al. (2020) indicaron que la restricción de nutrientes durante el primer tercio de gestación no afecta la señalización del embrión, lo que sugiere que las vacas son capaces de desarrollar respuestas adaptativas para garantizar la formación de blastocistos y el mantener la preñez temprana (Velázquez et al., 2015).

Estos hallazgos fueron contradictorios a los reportados por Kruse *et al.* (2017), donde trabajaron con vaquillonas alimentadas al 125% de los requerimientos (Grupo control) según el NRC y vaquillonas por debajo de los requerimientos (Grupo restrictivo) seis días pos-inseminación artificial, dónde el grupo restrictivo dio lugar a embriones de mala calidad (1 - 4; 1 = excelente; 4 = muertos/degenerativos). Previamente, Dunne et al. (1999) habían detectado una tasa de supervivencia de embriones reducida (38 %) cuando vaquillonas pastoreando alta oferta de forraje (2.0) fueron cambiadas a una baja oferta (0.8) calculadas sobre la producción de materia seca base de acuerdo con el peso vivo inicial de las vaquillonas según sus requerimientos de mantenimiento de energía (mantenimiento (kg materia seca = $0.011 * \text{peso vivo}$) durante un período de diez días post - inseminación artificial. Las vacas multíparas parecerían tener mayor capacidad de suministrar nutrientes al embrión durante la preñez temprana en comparación con vacas primíparas (Long et al., 2009, McLean et al., 2018). Sin embargo, algunos autores argumentan que se necesita un período de subnutrición más prolongado para cualquier efecto deletéreo perceptible sobre el desarrollo del embrión (McLean et al., 2018).

1.4. PÉRDIDAS FETALES

Se considera pérdidas fetales en bovinos aquellas que van desde el día 42 al 260 de gestación (Campero et al., 2017). Las pérdidas fetales pueden presentar diferente etiología, pero la mayoría son consecuencia de enfermedades causadas por bacterias, virus, parásitos u hongos, entre otras (Campero et al., 2017). A nivel nacional, no se dispone de mucha información sobre el rol de las enfermedades sobre la baja performance reproductiva de los rodeos (Mederos et al., 2022), sin embargo, en un estudio donde realizaron un relevamiento en 230 establecimientos de cría, reportaron que Campylobacteriosis genital bovina (CGB), Leptospirosis (*L. hardjo* y *wolffi*), Rinotraqueítis Infecciosa Bovina (IBR), Diarrea Viral Bovina (BVD), Neosporiosis bovina y Brucelosis fueron las más prevalentes. Aunque los abortos pueden ocurrir en cualquier momento de la gestación, son observados más comúnmente durante la segunda mitad de la gestación, sobre todo en condiciones de producción extensiva (Moore et al., 2003). Dada la múltiple etiología de las causas del aborto, su detección dependerá del sistema de explotación y de la severidad del episodio de pérdidas gestacionales y el control de las mismas mediante muestras al laboratorio previo al período de servicios para un correcto diagnóstico (Moore et al., 2003, Campero et al., 2017).

1.5. PÉRDIDAS PERINATALES

Las pérdidas perinatales se consideran como tal cuando el ternero a término muere inmediatamente antes, durante o dentro de las primeras 48 horas posparto (Mee et al., 2014). Normalmente constituyen la causa principal de discrepancia entre el porcentaje de preñez y el porcentaje de destete (Campero, 1998). En general, un 80 % de los terneros muertos al nacer son normales desde el punto de vista anatómico. Sin considerar la edad de la madre, las principales causas de las pérdidas perinatales son los partos distócicos y/o lentos. Campero et al. (1998, 2017) reportaron que las pérdidas perinatales anuales pueden ser entre 2 y 7 %. Las pérdidas son superiores en terneros hijos de vacas de primera parición; por lo tanto, el riesgo de este tipo de pérdidas se verá más acentuado en un rodeo con un mayor componente de vacas

primerizas (Campero, 1998). De este tipo de pérdidas, alrededor del 45 % de los terneros nacen muertos, un 50 % mueren dentro de las 24 h posteriores al parto y el resto, entre las 24 y 48 h posparto. El efecto de las pérdidas perinatales sobre el porcentaje de destete ocupa el segundo lugar en importancia luego de las pérdidas de preñez (Campero, 1998). A su vez, las hembras que han tenido partos distócicos por lo general no quedan preñadas nuevamente con la misma facilidad que las de partos normales, por lo que el problema se prolonga. Las principales causas de pérdidas perinatales son el manejo del rodeo en parición, el peso al nacimiento (determinado por genética o nutrición) y el área pélvica de la madre (determinado por la edad y genética, Campero et al., 2017).

1.6. PÉRDIDAS HASTA EL DESTETE

Estas pérdidas son las producidas entre las 48 h posteriores al parto y el momento del destete. Blanc et al. (2002) reportaron, en Uruguay, pérdidas al destete de hasta un 4 %. Los factores que afectan estas pérdidas son principalmente de origen infeccioso; por lo tanto, un control sanitario y de manejo adecuado son fundamentales para disminuir las pérdidas en este período (Campero et al., 2017). El número de terneros destetados por su peso al destete, y dividido por el número de vacas servidas determina la productividad de un rodeo de cría, parámetro muy relacionado al ingreso económico del predio (Campero, 1998; Morris y Smeaton, 2009).

1.7. CRUZAMIENTOS COMO ALTERNATIVA PARA MEJORAR LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA

El uso de cruzamientos ha sido utilizado como una herramienta para incrementar la eficiencia de los sistemas productivos (Madalena, 2001), siempre y cuando no aumenten las pérdidas desde el parto al destete (Campero et al., 2017). Se ha reportado un menor APP en vacas cruza vs. puras (King y Macleod, 1984); a su vez, las vacas cruza parecen producir mayor concentración de hormonas esteroideas que las puras, lo que podría impactar positivamente durante el período de la peri - concepción (Zhanxing et al., 2007). También, se ha reportado que embriones de vacas

cruzas presentan un mayor desarrollo embrionario que las vacas puras (Residiwati et al., 2020), sumado a una mayor tasa de crecimiento entre el día 7 y 8 y tasa de elongación al día 12 del blastocisto que las puras (Lazzari et al., 2002). Estos días constituyen momentos críticos durante el período de reconocimiento materno de la gestación (Lazzari et al., 2011). En Uruguay, Pereyra et al. (2015) publicaron que las vacas cruas presentan mayor porcentaje (85 %) destete que las puras (60 %). Por lo tanto, teniendo en cuenta los antecedentes mencionados anteriormente, la hipótesis general de esta tesis fue que las vacas cruas presentan menores pérdidas reproductivas desde que son expuestas al toro hasta el destete de los terneros, independientemente de la oferta de forraje. El objetivo de esta tesis es evaluar el cruzamiento y su interacción con la oferta de forraje como herramientas para disminuir las pérdidas reproductivas.

La estrategia de investigación consistió en la evaluación de 21 años de registros reproductivos, de vacas de cría puras [Hereford (HH) y Angus (AA)] y sus cruas F1 (HA y AH), pertenecientes a la Estación Experimental Bernardo Rosengurt de Facultad de Agronomía, Udelar, (32°S, 54°O). Esta información permitió la elaboración de tres artículos (dos manuscritos y una comunicación corta): 1. *Reproductive losses in beef cattle rearing on extensive system production: Effects of genotype and parity*, que constituye el capítulo II de esta tesis y fue aceptado en la revista *Brazilian Journal of Animal Science*; 2. “*Intervalo parto–concepción en vacas de crías puras y cruas en un sistema extensivo de producción*”, y constituye el capítulo III de esta tesis, y, por último, 3. *Crossbred cows have lower reproductive losses than purebred in restrictive nutrient conditions* constituye el capítulo IV de esta tesis. Para finalizar, se realiza una discusión y las conclusiones generales sobre los trabajos realizados.

**2. REPRODUCTIVE LOSSES IN BEEF CATTLE REARING ON
EXTENSIVE SYSTEM PRODUCTION: EFFECTS OF GENOTYPE AND
PARITY.**

Rodrigo Viviani^{a, *}, Ana Carolina Espasandin^b, Raquel Pérez Clariget^b

^a Departamento de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, Estación Dr. Mario A Cassinoni, Universidad de la República. Ruta 3km 363, Paysandú CP 60000, Uruguay

^b Departamento de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, Universidad de la Republica. Av. Garzón 780, Montevideo CP 12900, Uruguay

*Corresponding authors.

E-mail addresses: rodrigovivianparadizo@gmail.com (R. Viviani Paradizo)

2.1. RESUMEN

Las pérdidas reproductivas son una de las principales causas de la disminución del desempeño reproductivo de los rodeos. La heterosis puede ser una alternativa que contribuya a disminuir su impacto. Este estudio comparó las pérdidas reproductivas: I: desde el momento en que las vacas fueron expuestas a los toros hasta los diagnósticos de preñez (DP, número de vacas diagnosticadas como no preñadas / vacas expuestas totales * 100), II: desde el momento del diagnóstico de preñez hasta el parto (número de vacas paridas / número de vacas diagnosticadas como preñadas * 100), y III: desde el parto hasta el destete (número de terneros destetados / número de vacas paridas * 100) en vacas de carne Hereford (HH) y Angus (AA) de raza pura y sus cruzas bajo un sistemas de producción extensiva. Asimismo, se estudió el efecto de la paridad (nulípara, primípara y multípara) y la interacción entre ambos factores. Se utilizó una base de datos de trece años (n= 2505 registros) de un rodeo de cría experimental, mantenido en un sistema de producción extensivo basado en campo natural. El conjunto de datos estaba bajo un diseño dialélico completo entre las razas HH y AA. Tanto el GG (Grupo Genético; $P = 0.01$) y la paridad ($P < 0.001$) de la vaca afectaron las pérdidas reproductivas, pero solo en el período I. No se encontró interacción entre GG y Paridad. Las vacas puras tuvieron mayores pérdidas reproductivas que las vacas cruzas, sin diferencias entre puras (HH y AA) o entre cruzas (AH y HA). Las mayores pérdidas se observaron en vacas primíparas que en nulíparas y multíparas, sin diferencia entre las dos últimas. En conclusión, el uso del cruzamiento entre HH y AA en sistemas de producción extensivo es una alternativa para reducir las pérdidas reproductivas desde el servicio hasta el diagnóstico de gestación e incrementar la cosecha de terneros.

Palabras clave: vacas de carne, pérdida de preñez, genotipo de la vaca, campo natural

2.2. ABSTRACT

Reproductive losses are one of the main causes of the decline in reproductive performance of herds. Heterosis can be an alternative that contributes to reducing its impact. This study compared reproductive losses: I: starting from the time the cows were exposed to the bulls to pregnancy diagnoses (PD, number of cows diagnosed as non-pregnant/ total exposed cows * 100), II: from the time of pregnancy diagnoses to calving (number of calving cows/ number of cows diagnosed as pregnant * 100), and III: from calving to weaning (number of weaned calves/numbers of calving cows * 100) in purebred Hereford (HH) and Angus (AA) cows and their crosses in beef cows under extensive production systems. Likewise, the effect of parity (nulliparous, primiparous and multiparous) and the interaction between both factors were studied. A thirteen years data set (2505 record) of an experimental breeding herd, maintained in an extensive production system based on natural grassland was used. The dataset was under a complete diallel design between HH and AA breeds. Both, the GG (Genetic Group; $P = 0.01$) and parity ($P < 0.001$) of the cow affected the reproductive losses, but only in Period I. No interaction was found between GG and parity. Purebred cows had higher reproductive losses than the crossbred cows, without differences between the purebred (HH and AA) or between the crossbred (AH and HA). The greatest losses were observed in primiparous cows than in nulliparous and multiparous cows, with no difference between the latter two. In conclusion, the use of crossbreeding between HH and AA in extensive production systems is an alternative to reduce reproductive losses from the service to the pregnancy diagnosis and to increase calf harvest.

Keywords: beef cows, pregnancy losses, cow genotype, native grassland

2.3. INTRODUCTION

Cow–calf systems need to increase productivity and efficiency to be sustainable and reduce the environmental impact, taking special account of animal welfare. Reproductive losses are a major cause of failure in cattle, resulting in delayed pregnancy and fewer calves born, with a concomitant financial loss to the beef industry (Shorten et al., 2015). Most of the beef cattle breeding herds are raised on pasture-based systems (Greenwood, 2021). The Campos natural grassland encompasses roughly 450.000 km² over Uruguay, south Brazil and eastern Argentina, and is one of the largest meat-producing and exporting regions in the world (USDA, 2016). Cow nutrition depends on the grasslands which present high variability within and between years, being highly weather-dependent (Modernel et al., 2018) and which may compromise the nutritional status and the reproductive performance of the cows (Do Carmo et al., 2016).

Reproductive losses occur at any point of the process that begins when a cow is exposed to a bull or is inseminated and ends when the calf is weaned. One of the main problems faced by the extensive rearing system in grasslands is the long anestrus postpartum associated mainly with the low availability of forage during winter (Claramunt et al., 2018) when the demand of the fetus is increasing (Quintans et al., 2010; Do Carmo et al., 2016). Thus, cows mobilized body reserves before calving, determining a period of negative energy balance (Bell, 1995) that delayed the return to cycling after calving (Yavas and Walton, 2000; Burns et al., 2010). This situation is even more critical in primiparous cows that must face the stress of the first lactation and are still growing (Carroll and Hoerlin, 1966). After the cyclicity restarts, the challenge is that the cow conceives, maintains pregnancy through calving, and for the calf to survive to weaning. However, while fertility rate in beef cattle is generally high (Diskin and Morris, 2008; Pohler et al., 2020), embryonic losses of up to 40 % within the first three weeks of gestation have been reported in beef cattle (Diskin and Sreenan, 1980; Maurer and Chenault, 1983). These losses occur mainly during the pre-implantation stage due to interference in signalling between the embryo and the mother (15 – 17 days after fertilization; Goff, 2002), leading to pregnancy loss (Garrett et al., 1988). In turn, these losses are not easy to detect in the extensive production systems,

where the pregnancy is diagnosed by ultrasonography or manual palpation at 28 to 60 days after fertilization (Romano et al., 2017). After pregnancy diagnoses, the reproductive losses are low in healthy and well-managed herd. Indeed, late embryo loss or early fetal mortality in beef cows is approximately 5% – 8%, however, it could increase due to sanitary, or management issues (Pohler et al., 2020).

Calf mortality (from birth to weaning) can cause large economic losses to the farmers. In a tropical extensive system in Australia, Bunter et al., (2014) reported an average of 9.5% calf-born mortality, while Sanderson and Dargatz (2000) reported 5.8% in the United States. On the other hand, Singh et al. (2009) reported a rate of calf mortality of around 12.5% to 30% in India. The percentage of calf mortality before weaning is influenced by many factors, such as dystocia, infectious diseases, level of nutrition of the cows, colostrum production and management practices during calving periods (i.e., Singh et al., 2009; Murray et al., 2016). However, the main cause of losses from calving to weaning is due to dystocia problems (Matto, 2008). The influence of the sire breed used in crossbreeding has a pronounced effect on the birth weight of the calf and therefore on the presence of dystocia (Price and Wiltbank, 1978). The service with low-birth-weight bulls, with body size similar to the females and the use of genetic values improving easy calving sires are decisive to achieve adequate reproductive efficiency and minimize dystocia problems (Campero et al., 2017).

The heterosis produced by crossbreeding could be an alternative to improve reproductive characteristics (Martin et al., 1992). In this sense, the advancement of puberty (Martin et al., 1992), the increase in the pregnancy rate (Winder et al., 1992; Olson et al., 1993), the increase in weight at birth and at weaning (Olson et al., 1993), the decrease in the calving interval (Wall et al., 2005) of crossbred animals can be attributed to the effects of heterosis. However, the literature fears the effect of crossbreeding on reproductive losses in beef cows under extensive systems. Hence, it was hypothesized that in extensive beef breeding cows, crossbred cows had lower reproductive losses between mating and weaning periods than purebred cows, regardless of parity. A second hypothesis was that the primiparous cows had the highest reproductive losses regardless of genotype. The objective of this work was to compare the reproductive losses of purebred cows [Hereford (HH) and Angus (AA)]

and crossbred (HA and AH) and the effect of parity (Nulliparous, Primiparous and Multiparous).

2.4. MATERIALS AND METHODS

1.1.2. Animals management and experimental data

All procedures used in the present work were conducted according to Udelar protocols for experimental animals.

This work is a retrospective study of the reproductive losses of breeding cows of two different purebred Hereford (HH), Angus (AA) and their F1 crossbred (AH and HA). The dataset used in this work contained 2505 records of pregnancy diagnosis, calving and weaning of multiparous (cows with more than two calving), primiparous (first calving cows) and nulliparous (heifers without calving) collected over a 13 years period (1994 – 2006; **Table 1**). The cows belonged to the experimental herd from the Estación Experimental Bernardo Rosengurtt, Facultad de Agronomía, Udelar (32°S, 54°W), Uruguay. The dataset was under a complete diallelic design between HH and AA breeds. The general management of the herd was previously reported by Pereyra et al., (2015). Briefly, the cows grazed on 256 ha of natural grassland (Campos) in an extensive system production typical of the region. The forage production of the Campos grassland presents a spring-summer seasonality (accumulating in this period 60% of the total annual production; Do Carmo et al., 2018). Campos grassland was dominated by *Andropogon lateralis*, *Paspalum notatum* and *dilatatum*, *Axonopus affinis*, *Bothriochloa laguroides*, *Schizachyrium* sp. and *Coelorhachis selloana* pastures in the summer, and *Piptochaetium montevidense*, *Piptochaetium stipoides* and *Stipa setigera* pastures in the winter. The stocking rate during the studied period was 1.14 UG/ha.

The rainfall regime in the region presents variability between months and years, but with rains present throughout the year. The average annual rainfall for the studied period was approximately 1,800 mm. The climate is classified as type Cfa (subtropical, humid, without dry season), and the temperature range in the coldest months is

between -3 and 18°C , and the warmest above 22°C according to Köppen (Panario and Bidegain, 1997).

Table 1 - Number of records of mated cows according to genotype and parity

Parity	Genotype (GG)			
	AA	HH	AH	HA
Multiparous	506	578	167	156
Primiparous	197	226	85	90
Nulliparous	322	410	117	116
Total	1025	1214	369	362

Multiparous and primiparous cows were mated with andrologically evaluated bulls during 80 days beginning on December 1st (summer, SH) following the most frequent mating period in the region. Each bull was placed with different genotypes of cows assigned to mate with him (paternity identification). Three bulls of each breed were used per year, repeating one of them the following year, in order to connect the information between years. Nulliparous cows were bred when they were 24 months of age and at least 280 kg of body weight (BW). The mating period lasted 45 days (late November to mid-January, late spring – summer, SH). Oestrus was synchronized five days after oestrus detection (twice a day) with a dose of prostaglandins, and the oestrus detection continued for the next 5 days. The heifers that showed oestrus were inseminated 12 h after detection with semen collected from the corresponding assigned bulls. Thereafter bulls were introduced in the corresponding heifers' groups during the rest of the mating period. During the first winter of the heifers, they were supplemented with 1 kg/animal/day of whole rice bran (88% dry matter; 14.1 g/ 100g dry matter crude protein; 9.2 g/ 100g dry matter acid detergent fiber; 24.1 g/ 100g of neutral detergent fiber in dry matter; 15.0 g/ 100g ethereal extract in dry matter). The diagnosis of gestation was conducted 45 days after the mated period ended.

1.1.3. Variables studied

The reproductive losses (RL; number of weaned calves/total exposed cows * 100) were studied in three Periods: I) from the mating period to pregnancy diagnoses (PD, number of cows diagnosed as non-pregnant/ total exposed cows * 100); II) from

PD to calving (number of calving cows/ number of cows diagnosed as pregnant * 100); and III) from calving to weaning (number of weaned calves/numbers of calving cows * 100).

1.1.4. Statistical models

Data were analyzed using SAS Academic Edition (SAS OnDemand for Academics, SAS Institute Inc.). Reproductive losses presented binomial distribution and were analyzed using the GLIMMIX procedure; the model included the effects of the GG (HH, AA, AH, HA), the parity (multiparous: MP, primiparous: PP, nulliparous: NP), and their interactions as fixed effects, and the year and the bull as random effects. The effect of the bull was removed from the models because the covariance parameter was zero or close to zero. Least squares mean tests were conducted to analyze differences between groups. The means were compared with Tukey test ($P \leq 0.05$). Results were presented as least square means \pm pooled standard error according to the following models:

Model: Reproductive losses according to genotype and parity

$$Y_{ijkl} = \mu_0 + GG_i + P_j + (GG*P)_{ij} + C_k + Y_l + \epsilon_{ijkl}$$

Where:

μ_0 = general average

GG_i = fixed effect of cow genotype

P_j = fixed effect of cow parity

$(GG*P)_{ij}$ = fixed effect of interaction between cow genotype and parity

C_k = random effect of each cow

Y_l = random effect of year

ϵ_{ijkl} = experimental error associated with each observation

2.5. RESULTS

The total reproductive losses (from mating to weaning) were affected by the GG of the cows ($P < 0.01$). On average purebreds presented higher losses than their crossbreds (0.45 ± 0.03 vs. 0.28 ± 0.02 ; $P < 0.01$). Parity also affected total reproductive losses ($P < 0.01$). Primiparous cows presented greater losses ($P \leq 0.02$)

than nulliparous and multiparous cows with no difference between the last two parities (Primiparous: 0.46 ± 0.03 vs Nulliparous: 0.30 ± 0.02 vs. Multiparous: 0.33 ± 0.02). The results are shown in **Table 2**. No GG and parity interaction was found in any studied period.

Table 2 - Total reproductive losses (from mating to weaning) in Hereford (HH), and Angus (AA) cows, and their crossbred (AH and HA) according to the parity.

Parity	GG (%)				P-value
	HH	AA	AH	HA	
Nulliparous	$38.0a \pm 0.03$	$32.0a \pm 0.03$	$25.0a \pm 0.05$	$26.0a \pm 0.05$	0.10
Primiparous	$56.0b \pm 0.04$	$62.0b \pm 0.04$	$35.0a \pm 0.07$	$31.0a \pm 0.07$	≤ 0.03
Multiparous	$42.0b \pm 0.02$	$40.0b \pm 0.02$	$25.0a \pm 0.03$	$24.0a \pm 0.03$	≤ 0.01

Cow GG and parity affected the reproductive losses in Period I ($P < 0.01$; **Table 3**). Purebred cows had greater reproductive losses ($P < 0.01$) than the crossbred, with no differences between the purebreds (HH and AA) or between the crossbreds (AH and HA). On the other hand, the greatest losses were observed in primiparous rather than nulliparous and multiparous cows with no difference between the latter two ($P \leq 0.01$; **Table 3**). No interaction between GG and parity was detected (**Table 3**).

Table 3 - Reproductive losses and standard error of the mean (SEM) from mating to pregnancy diagnoses (Period I), from pregnancy diagnoses to calving (Period II), and from calving to weaning (Period III), in cows of different genotype (GG, %): Hereford (HH), and Angus (AA) cows, and their crossbred (AH and HA) and different parity (%): nulliparous (NP), primiparous (PP) and multiparous (MP) cows.

P	GG (%)				Parity (%)			SEM	P-value ¹		
	HH	AA	AH	HA	NP	PP	MP		GG	Parity	GGxParity
I	21.0b	24.0b	15.0a	15.0a	11.0a	35.0b	15.0a	0.01	0.01	< 0.001	0.35
II	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.26	0.11	0.86
III	4.0	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0	3.0	0.01	0.51	0.34	0.62

¹The interaction between GG x Parity did not affect the variables studied ($P > 0.20$)

2.6. DISCUSSION

Crossbred cows showed lower reproductive losses than the purebred regardless of parity, however, the advantage of the first was only observed during Period I; that is, since the cows were exposed to the bulls or IA to pregnancy diagnoses. The mating period began without knowing if the cows had resumed their cyclicity after calving, so in this period included cows that did not show estrus during the mating period, or showed it late, since then they had few opportunities or a single chance to get pregnant. It should be noted that after a single insemination only half of the cows get pregnant (Reese et al., 2020) and less than 65% of cows become pregnant after a single or multiple natural service (Lunstra and Laster, 1982). The length of postpartum anestrus in breeding herds is considered a major limitation in the reproductive performance of the breeding cow (Yavas and Walton, 2000; Vasconcelos et al., 2009; Quintans et al., 2010; Burns et al., 2010). It is possible that purebred cows had a longer anestrus postpartum than crossbred cows. There is evidence that purebred Angus had longer postpartum anestrus than Angus x Jersey or Angus x Kiwi crosses, however when pregnancy rate was compared at mid-mating period, this advantage was only observed in the latter crossbred cows, and at 42 days (end of mating period) the difference disappeared (Hickson et al., 2012). In addition, there is evidence that Hereford purebred cows have a longer interval to the first luteal phase than beef x dairy crossbred cows (King and Macleod, 1984). Cundiff et al., (1974) and Morris et al., (1987), worked on reciprocal crossbreeding experiments between Hereford and Angus, and found a shorter interval to the first estrus and a higher pregnancy rate for crossbred cows, compared with purebred. The lower losses shown by crossbred cows in Period I in the present study could be associated with an earlier resumption of ovarian activity, at least partially, associated with a better metabolic status. Indeed, Laporta et al. (2014) reported that crossbred cows had greater body condition scores, blood insulin and IGF-I concentrations, and hepatic GHR mRNA abundance. These cows had more body reserves and estimated energy intake, and were able to better adapt to the environmental changes (i.e., nutrient and energy supply) during the gestation–lactation cycle without decreasing calf weight, milk yield or commencement of luteal activity than the purebred cows. It is unlikely, that the difference observed in this study was

due to differences in fertilization rate, since it is usually high in cows (Diskin and Morris, 2008), however, it is not possible to rule out differences between genetic groups in the proportion of early embryonic losses, as they are high in cows (Pohler et al., 2020), and pregnancy diagnoses were conducted after the period of maximum early embryo losses. The establishment of pregnancy in cows depends on the maintenance of the corpus luteum and the consequent secretion of progesterone, one of the main hormones responsible for maintaining pregnancy (Binelli et al., 2001). Estradiol also has been shown to have a positive effect in this period (Starbuck et al., 2004). It is possible that the effect of heterosis induces a higher concentration of ovarian steroids, and thus at a higher rate of conception in crossbred than in purebred cows. Zhanxing et al., (2007) compared the blood concentrations of estradiol and progesterone and the potential to produce embryos in pure Brahman and crossbreed-BMY and reported that the concentration of both hormones, estradiol and progesterone, the average number of corpus luteum and embryos recovered was higher in crossbred than pure cows suggesting a certain degree of heterosis in blood steroid reproductive hormones that could explain the larger embryo recovered.

It is well known that fertilization and blastocyst formation are the initial processes for any pregnancy to occur. Reese et al., (2020) reported that higher embryo losses occur during the first few days after fertilization. Embryos from crossbred cows may have better preimplantation development than those from purebred cows. In fact, embryos from crossbred cows show greater development than those produced by purebreds (Residiwati et al., 2020). Lazzari et al., (2011), produce purebred (Holstein) and crossbred (Brown Swiss x Holstein) embryos *in vitro*, and reported that purebred embryos had a lower blastocyst rate on days 7 and 8 and a lower elongation rate on day 12, indicating a reduced and delayed development compared to crossbred embryos. There are evidences that elongation is a crucial step for bovine embryo development, since most embryonic losses occur between blastulation and elongation (Diskin and Sreenan, 1980), and most advanced embryos at Day 12 show a significantly higher rate of pregnancy than the smaller ones (Lazzari et al., 2002). It is possible that embryos of the crossbred cows had a greater capacity to establish a pregnancy, but the

present experiment was not designed to study the analytic variables, but rather the related economic ones (variables end point).

The differences in reproductive losses due to parity were also found in Period I. As expected, the higher percentage of losses was shown by primiparous cows. These females have to face the stress of the first lactation and need to continue growing (Carroll and Hoerlin, 1966), being a survival strategy at the expense of reproduction. These results are consistent with previous reports (Reese et al., 2020); the combination of growth, lactation and reproductive stressors induce a greater pregnancy loss in primiparous than nulliparous or multiparous cows (Werth et al., 1996; Freetly et al., 2006). On the other hand, contrary to what was reported by other authors, no differences were found between the reproductive losses since the cows were exposed to the bulls or inseminated until the pregnancy diagnoses that the nulliparous and multiparous cows showed. Greater losses in multiparous cows than in primiparous cows were associated with failures in sperm transport or maternal recognition (Baez et al., 2016; Young et al., 2017), or the larger reproductive tract the first present (Madureira et al., 2020). Nulliparous cows had fewer losses, probably due to the better condition they had at the beginning of the mating season, they were not producing milk and did not have the influence of a calf (Batista et al., 2012). However, Shorten et al. (2015) reported a negative relationship between the cow age and the pregnancy rate, where cows less than two years (nulliparous) and older than six years old (multiparous) have limited capacity to get pregnant. In this work, the age of the heifers did not appear to be a problem, but their estrous were synchronized and they were submitted to IA a different treatment than the multiparous cows. One way or another, our data did not allow us to find differences in reproductive losses between nulliparous and multiparous during Period I.

Losses during Period II were not affected by either GG nor parity, since there were no detected losses during this period and the results indicated absence of diseases related to reproduction, nutritional or genetic problems in the herd (Andrews, 1992). Furthermore, losses during Period III were not affected by GG or parity. The main cause of losses from calving to weaning is due to dystocia problems (Matto, 2008). According to Campero et al., (2017) the losses during this period due to dystopic

calving were 11.1% for the British breed (Angus, Hereford) or with their respective crosses (Nelore, Brahman). In this work, dystocia was not a major problem, probably because calving ease was a criterion taken into account when selecting bulls. The calve losses from calving to weaning coincide with those reported by Radostits (1994) who found a percentage between 3 to 4%.

2.7. CONCLUSIONS

This study sheds some light on how crossbred cows (HA, AH) in an extensive system production system showed fewer reproductive losses than the purebred cows (HH, AA), thus increasing calf harvest.

2.8. DECLARATION OF COMPETING INTEREST

Authors declare no conflict of interest.

2.9. ACKNOWLEDGEMENT

The authors thank the scientific and field staff of the Experimental Station “*Bernardo Rosengurtt, Facultad de Agronomía, Udelar*” (Uruguay) for their collaboration during the experimental work. This research was partially funded by the *Agencia Nacional de Investigación e Innovación (Uruguay)* through the graduate scholarship awarded to R. Vivían Paradizo (POS_NAC_2020_1_164315).

2.10. REFERENCES

- Andrews, A. H. 2004. Bovine medicine, second ed. Blackwell Science, Oxford.
- Baez, G. M.; Barletta, R. V.; Guenther, J. N.; Gaska, J. M. and Wiltbank, M. C. 2016. Effect of uterine size on fertility of lactating dairy cows. *Theriogenology* 85, 1357–1366. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.04.022>
- Batista, D. S. do N.; de Abreu, U. G. P.; Ferraz Filho, P.B. and Rosa, A.D.N. 2012. Índices reprodutivos do rebanho Nelore da fazenda Nhumirim, Pantanal da Nhecolândia. *Acta Sci. Anim. Sci.* 34, 71–76. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v34i1.12267>
- Bell, A. W. 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *Journal of Animal Science* 73 (9): 2804-2819.
- Binelli, M.; Thatcher, W. W.; Mattos, R. and Baruselli, P. S. 2001. Antiluteolytic strategies to improve fertility in cattle. *Theriogenology* 56, 1451–1463. [https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(01\)00646-x](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(01)00646-x)
- Bunter, K. L.; Johnston, D. J.; Wolcott, M. L. and Fordyce, G. 2014. Factors associated with calf mortality in tropically adapted beef breeds managed in extensive Australian production systems. *Anim. Prod. Sci.*
- Burns, B. M.; Fordyce, G. and Holroyd, R. G. 2010. A review of factors that impact on the capacity of beef cattle females to conceive, maintain a pregnancy and wean a calf-Implications for reproductive efficiency in northern Australia. *Anim. Reprod. Sci.* 122, 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.04.010>
- Campero, C. M.; Cantón, G. J. and Moore, D. P. 2017. Abortos y otras pérdidas reproductivas en bovinos: diagnóstico y control, ed. hemisferio sur. Buenos Aires, Argentina.
- Carroll, E. J. and Hoerlein, A. B. 1966. Reproductive performance of beef cattle under drought conditions. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 148, 1030–1033.

- Claramunt, M.; Fernández-Foren, A. and Soca, P. 2018. Effect of herbage allowance on productive and reproductive responses of primiparous beef cows grazing on Campos grassland. *Anim Prod Sci.* 58: 1615–24. <https://doi.org/10.1071/AN16601>
- Cundiff, L. V.; Gregory, K. E. and Koch, R. M. 1974. Effects of Heterosis on Reproduction in Hereford, Angus and Shorthorn Cattle². *J. Anim. Sci.* 38, 711–727. <https://doi.org/10.2527/jas1974.384711x>
- Diskin, M. G. and Sreenan, J. M. 1980. Fertilization and embryonic mortality rates in beef heifers after artificial insemination. *J. Reprod. Fertil.* 59, 463–468. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0590463>
- Diskin, M. and Morris, D. 2008. Embryonic and Early Foetal Losses in Cattle and Other Ruminants. *Reprod. Domest. Anim. Zuchthyg.* 43 Suppl 2, 260–7. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01171.x>
- Do Carmo, M.; Claramunt, M.; Carriquiry, M. and Soca, P. 2016. Animal energetics in extensive grazing systems: Rationality and results of research models to improve energy efficiency of beef cow-calf grazing Campos systems. *J Anim Sci.* 94:85–92. <https://doi.org/10.2527/jas.2016-0596>
- Do Carmo, M.; Sollenberger, L. E.; Carriquiry, M. and Soca, P. 2018. Controlling herbage allowance and selection of cow genotype improve cow-calf productivity in Campos grasslands. *Prof. Anim. Sci.* 34, 32–41. <https://doi.org/10.15232/pas.2016-01600>
- Freetly, H. C.; Nienaber, J. A. and Brown-Brandl, T. 2006. Partitioning of energy during lactation of primiparous beef cows¹. *J. Anim. Sci.* 84, 2157–2162. <https://doi.org/10.2527/jas.2005-534>
- Garrett, J. E.; Geisert, R. D.; Zavy, M. T. and Morgan, G. L. 1988. Evidence for maternal regulation of early conceptus growth and development in beef cattle. *J. Reprod. Fertil.* 84, 437–446. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0840437>

- Goff, A. K. 2002. Embryonic signals and survival. *Reprod. Domest. Anim. Zuchthyg.* 37, 133–139. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0531.2002.00344.x>
- Greenwood, P. L. 2021. Review: An overview of beef production from pasture and feedlot globally, as demand for beef and the need for sustainable practices increase. *Animal, Sustainable livestock systems for high-producing animals* 15, 100295. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100295>
- Hickson, R. E.; Laven, R. L.; Lopez-Villalobos, N.; Kenyon, P. R. and Morris, S. T. 2012. Postpartum anoestrous interval in first-lactation beef and dairy-beef crossbred cows. *Anim. Prod. Sci.* 52, 478–482. <https://doi.org/10.1071/AN11288>
- King, G. J. and Macleod, G. K. 1984. Reproductive function in beef cows calving in the spring or fall. *Anim. Reprod. Sci.* 6, 255–266. [https://doi.org/10.1016/0378-4320\(84\)90004-6](https://doi.org/10.1016/0378-4320(84)90004-6)
- Laporta, J.; Astessiano, A. L.; López-Mazz, C.; Soca, P.; Espasandin, A. C. and Carriquiry, M. 2014. Effects of herbage allowance of native grasslands in purebred and crossbred beef cows: metabolic, endocrine and hepatic gene expression profiles through the gestation-lactation cycle. *Anim. Int. J. Anim. Biosci.* 8, 1119–1129. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000986>
- Lazzari, G.; Wrenzycki, C.; Herrmann, D.; Duchi, R.; Kruij, T.; Niemann, H. and Galli, C. 2002. Cellular and molecular deviations in bovine in vitro produced embryos are related to the large offspring syndrome. *Biology of Reproduction* 67 767–775. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.102.004481>
- Lazzari, G.; Colleoni, S.; Duchi, R.; Galli, A.; Houghton, F. D. and Galli, C. 2011. Embryonic genotype and inbreeding affect preimplantation development in cattle. *Reprod. Camb. Engl.* 141, 625–632. <https://doi.org/10.1530/REP-10-0282>

- Lunstra, D. D. and Laster, D. B. 1982. Influence of single-sire and multiple-sire natural mating on pregnancy rate of beef heifers. *Theriogenology* 18, 373–382. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(82\)90159-5](https://doi.org/10.1016/0093-691X(82)90159-5)
- Madureira, A. M. L.; Poole, R. K.; Burnett, T. A.; Guida, T. G.; Edwards, J. L.; Schrick, F. N.; Vasconcelos, J. L. M.; Cerri, R. L. A. and Pohler, K. G. 2020. Size and position of the reproductive tract impacts fertility outcomes and pregnancy losses in lactating dairy cows. *Theriogenology* 158, 66–74.
- Martin, L. C.; Brinks, J. S.; Bourdon, R. M. and Cundiff, L. V. 1992. Genetic effects on beef heifer puberty and subsequent reproduction. *J. Anim. Sci.* 70, 4006–4017. <https://doi.org/10.2527/1992.70124006x>
- Matto, C. 2008. Caracterización de los Laboratorios Regionales de diagnóstico Veterinario Este y Noroeste de la DILAVE "Miguel C. Rubino" y principales enfermedades diagnosticadas utilizando una base de datos relacional. Tesis de Grado Facultad de Veterinaria, Uruguay, 90 p.
- Maurer, R. R. and Chenault, J. R. 1983. Fertilization failure and embryonic mortality in parous and nonparous beef cattle. *J. Anim. Sci.* 56, 1186–1189. <https://doi.org/10.2527/jas1983.5651186x>
- Modernel, P.; Dogliotti, S.; Alvarez, S.; Corbeels, M.; Picasso, V.; Tittonell, P. and Rossing, W. A. H. 2018. Identification of beef production farms in the Pampas and Campos area that stand out in economic and environmental performance. *Eco Indicators*. 89: 755–70. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.01.038>
- Morris, C. A.; Baker, R. L.; Johnson, D. L.; Carter, A. H. and Hunter, J. C. 1987. Reciprocal crossbreeding of Angus and Hereford cattle 3. Cow weight, reproduction, maternal performance, and lifetime production. *N. Z. J. Agric. Res.* 30, 453–467. <https://doi.org/10.1080/00288233.1987.10417957>
- Murray, C. F.; Fick, L. J.; Pajor, E. A.; Barkema, H. W.; Jelinski, M. D. and Windeyer, M. C. 2016. Calf management practices and associations with herd-level

- morbidity and mortality on beef cow-calf operations. *Anim. Int. J. Anim. Biosci.* 10, 468–477. <https://doi.org/10.1017/S1751731115002062>
- Olson, T. A.; Peacock, F. M. and Koger, M. 1993. Reproductive and maternal performance of rotational three-breed, and inter se crossbred cows in Florida. *J. Anim. Sci.* 71, 2322–2329. <https://doi.org/10.2527/1993.7192322x>
- Panario, D. and Bidegain, M. 1997. Climate change effects on grasslands in Uruguay. *Clim. Res.* 9:37–40.
- Pereyra, F.; Urioste, J.; Gimeno, D.; Peñagaricano, F.; Bentancur, D. and Espasandin, A. 2015. Parámetros genéticos en la etapa de cría para el cruzamiento entre Hereford y Angus en campo natural. *Agrociencia Urug.* 19, 140–149.
- Pohler, K. G.; Reese, S. T.; Franco, G. A.; Oliveira, R. V.; Paiva, R.; Fernández, L.; de Melo, G.; Vasconcelos, J. L. M.; Cooke, R. and Poole, R. K. 2020. New approaches to diagnose and target reproductive failure in cattle. *Anim. Reprod.* 17, e20200057. <https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2020-0057>
- Price, T. D. and Wiltbank, J. N. 1978. Dystocia in cattle a review and implications. *Journal, Theriogenology.* 9 (3): 195–219.
- Quintans, G.; Banchemo, G.; Carriquiry, M.; López, C. and Baldi, F. 2010. Effect of body condition and suckling restriction with and without presence of the calf on cow and calf performance. *Animal Production Science* 50 (10): 931-938.
- Radostits, B. 1994. *Medicina Veterinaria: Tratado de las enfermedades del ganado bovino, ovino, porcino, caprino y equino.* Vol 1, ninth ed. Madrid, Interamericana. 1206.
- Reese, S. T.; Franco, G. A.; Poole, R. K.; Hood, R.; Fernández Montero, L.; Oliveira Filho, R. V.; Cooke, R. F. and Pohler, K. G. 2020. Pregnancy loss in beef cattle: A meta-analysis. *Anim. Reprod. Sci.* 212, 106251. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.106251>

- Residiwati, G.; Tuska, H. S. A.; Dolatabad, N. A.; Sidi, S.; Van Damme, P.; Pavani, K. C.; Pascottini, O. B.; Opsomer, G. and Van Soom, A. 2020. Crossbreeding effect of double-muscled cattle on in vitro embryo development and quality. *Reprod. Biol.* 20, 288–292. <https://doi.org/10.1016/j.repbio.2020.07.007>
- Romano, J. E.; Pinedo, P.; Bryan, K.; Ramos, R. S.; Solano, K. G.; Merchan, D. and Vélez, J. 2017. Comparison between allantochorion membrane and amniotic sac detection by per rectal palpation for pregnancy diagnosis on pregnancy loss, calving rates, and abnormalities in new born calves. *Theriogenology* 90, 219–227. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.11.004>
- Sanderson, M. W. and Dargatz, D. A. 2000. Risk factors for high herd level calf morbidity risk from birth to weaning in beef herds in the USA. *Prev. Vet. Med.* 44, 97–106. [https://doi.org/10.1016/s0167-5877\(99\)00112-9](https://doi.org/10.1016/s0167-5877(99)00112-9)
- Shorten, P. R.; Morris, C. A. and Cullen, N. G. 2015. The effects of age, weight, and sire on pregnancy rate in cattle1. *J. Anim. Sci.* 93, 1535–1545. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8490>
- Singh, D. D.; Kumar, M.; Choudhary, P. K. and Singh, H. N. 2009. Neonatal calf mortality - An overview. *Intas Polivet*, 10(11): 165-169.
- Starbuck, M. J.; Dailey, R. A. and Inskeep, E. K. 2004. Factors affecting retention of early pregnancy in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 84, 27–39. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2003.12.009>
- United States Department of Agriculture (USDA). 2016. *Livestock and Poultry: World Markets and Trade*. Foreigner Agricultural Service of USDA. Available at http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.PDF
- Vasconcelos, J. L. M.; Sá Filho, O. G.; Pérez, G. C. and Silva, A. T. N. 2009. Intravaginal progesterone device and/or temporary weaning on reproductive performance of anestrous crossbred Angus x Nelore cows. *Anim. Reprod. Sci.* 111, 302–311. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2008.03.012>

- Wall, E.; Brotherstone, S.; Kearney, J. F.; Woolliams, J. A. and Coffey, M. P. 2005. Impact of nonadditive genetic effects in the estimation of breeding values for fertility and correlated traits. *J. Dairy Sci.* 88, 376–385. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72697-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72697-7)
- Werth, L. A.; Whittier, J. C.; Azzam, S. M.; Deutscher, G. H. and Kinder, J. E. 1996. Relationship between circulating progesterone and conception at the first postpartum estrus in young primiparous beef cows. *J. Anim. Sci.* 74, 616–619. <https://doi.org/10.2527/1996.743616x>
- Winder, J. A.; Rankin, B. J. and Bailey, C. C. 1992. Maternal performance of Hereford, Brangus, and reciprocal crossbred cows under semidesert conditions. *J. Anim. Sci.* 70. <https://doi.org/10.2527/1992.7041032x>
- Yavas, Y. and Walton, J. S. 2000. Postpartum acyclicity in suckled beef cows: A review. *Theriogenology* 54, 25–55. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(00\)00323-X](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(00)00323-X)
- Young, C. D.; Schrick, F. N.; Pohler, K. G.; Saxton, A. M.; Di Croce, F. A.; Roper, D. A.; Wilkerson, J. B. and Edwards, J. L. 2017. Short communication: A reproductive tract scoring system to manage fertility in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 100, 5922–5927. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12288>
- Zhanxing, H.; Xiechao, H. and Jicai, Z. 2007. Comparison of superovulation effect and hormone change of Brahman with BMY cattle in whole year grazing. *J. Northwest Sci-Tech Univ. Agric. For.* 35, 39-43

3. INTERVALO PARTO-CONCEPCIÓN EN VACAS DE CRÍAS PURAS Y CRUZA EN UN SISTEMA EXTENSIVO DE PRODUCCIÓN

Rodrigo Viviani^{a,*}, Ana Carolina Espasandin^b, Raquel Pérez Clariget^b

^a *Departamento de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, Estación Dr. Mario A Cassinoni, Universidad de la República. Ruta 3, km 363, Paysandú CP 60000, Uruguay*

^b *Departamento de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Av. Garzón 780, Montevideo CP 12900, Uruguay*

*Corresponding authors.

E-mail address: rodrigovivianparadizo@gmail.com (R. Viviani Paradizo)

3.1. INTRODUCCIÓN

El uso de cruzamientos ha sido utilizado como una herramienta para incrementar la eficiencia de los sistemas productivos (Madalena, 2001). Recientemente, se ha reportado que las vacas cruzas presentan menos pérdidas reproductivas que las vacas puras desde que son expuestas al toro hasta el diagnóstico de gestación (Vivián et al., 2023, en prensa). Sin embargo, no se ha reportado la influencia de la heterosis en el intervalo parto-concepción en sistemas extensivos que utilizan como única fuente forrajera el campo natural. En estos sistemas la variabilidad de la producción de forraje suele ser una limitante en el aporte de nutrientes durante el ciclo gestación-lactancia, fundamentalmente en verano cuando a los requerimientos de la lactancia, se suman lo del reinicio de la actividad ovárica para establecer una nueva gestación (Do Carmo et al., 2016). Estas condiciones determinan una limitante para la eficiencia reproductiva de los rodeos de cría. Las vacas cruzas parecen enfrentar de mejor manera las condiciones ambientales restrictivas (Laporta et al., 2014). Teniendo en cuenta los resultados reportados anteriormente y estas últimas consideraciones, el objetivo del trabajo fue evaluar si la heterosis producida por el cruzamiento entre dos razas británicas como son la Hereford (HH) y la Angus (AA) influye sobre el intervalo parto-concepción en sistemas criadores extensivos.

3.2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó una base que contenía 1942 datos de diagnóstico de gestación y parto de vacas puras (HH: $n = 719$ y AA: $n = 650$) y sus respectivas cruzas F1 recíprocas (AH: $n = 309$ y HA: $n = 267$) de un rodeo experimental manejado en condiciones extensivas de pastoreo sobre campo natural sometidas a un diseño dialélico en un período de trece años (1994-2006). El rodeo se encontraba en la Estación Experimental Bernardo Rosengurtt, Facultad de Agronomía, Udelar (32°S, 54°W), Uruguay. Los datos fueron analizados bajo un modelo lineal mixto en el que la variable de respuesta fue intervalo parto-concepción (IPC) calculada como la diferencia en días entre la fecha estimada de concepción y la fecha real de parto. La fecha de concepción fue estimada por la diferencia entre la fecha real de parto menos 283 días de gestación. La duración de la gestación utilizada fue la estimada para el rodeo con el que se trabajó

previamente (Espasandín et al., 2006). El modelo incluyó como efectos fijos: el genotipo de las vacas, la heterosis retenida (HR; Dickerson, 1973) y el año de parto. La HR (k_{ij}^L) fue estimada como: $k_{ij}^L = k_i^P \times k_j^M + k_j^M \times k_i^P$, donde P son los alelos provenientes del padre y M son los alelos provenientes de la madre. Como efecto aleatorio se incluyó a la vaca anidada en su grupo genético, en tanto \mathbf{E} es el error experimental asociado a cada observación (con media cero y varianza $\sigma^2 \mathbf{E}$); la fecha de parto fue utilizada como covariable.

3.3. RESULTADOS

El IPC se vio afectado por el grupo racial de la vaca ($P < 0,004$); de acuerdo a la HR, las vacas cruza tuvieron 6,76 días menos de IPC que las vacas puras. Por cada día que aumenta el IPC, la probabilidad de quedar preñada al siguiente servicio disminuye 0,76 ($P < 0,004$). Por otra parte, las vacas puras tenían mayor probabilidad de no producir un ternero al año siguiente del parto que las cruza ($P < 0,003$).

3.4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las vacas cruza demostraron que en condiciones extensivas de producción a base de campo natural pueden lograr una mayor cantidad de terneros destetados en su vida productiva. Debido a la HR producto del cruzamiento, las vacas cruza pueden tener mayor probabilidad de preñarse antes en el período de servicio, es decir, tienen más días entre el parto y el inicio del siguiente servicio para recuperarse metabólicamente. Laporta et al. (2014) reportaron que las vacas cruza comenzaban la actividad luteal un mes antes con respecto a las puras. Aún más, reportaron que las vacas cruza tenían una mayor puntuación de condición corporal, insulina en sangre y concentraciones de IGF-I, y abundancia hepática de ARNm GHR, lo que en parte podría explicar dichas diferencias. Probablemente el efecto de la HR producto de la cruza induzca una mayor concentración de esteroides ováricos en comparación con las puras. Está documentado que las vacas cruza tienen menores requerimientos energéticos (5 %) en comparación con las vacas puras (Frisch y Vercoe, 1977), debido a que pierden más tejido muscular que tejido graso (Casal et al., 2014), logrando adaptación superior frente ambientes nutricionales restrictivos. A su vez, Zhanxing et

al. (2007) observaron una mayor concentración sanguínea de estradiol y progesterona en vacas cruce vs. puras, lo que sugiere un cierto grado de heterosis en lo hormonal. De hecho, los embriones de vacas cruces muestran un mayor desarrollo que los producidos por las razas puras (Residiwati et al., 2020). Por lo tanto, parecería ser que, mientras las vacas puras tienen mayor dificultad para producir un ternero por año en condiciones de restricción nutricional, las vacas cruces lograrían una mayor eficiencia reproductiva a lo largo de su vida gracias a la HR generada producto de los cruzamientos. Por lo tanto, se puede concluir que, ante condiciones nutricionales restrictivas, las vacas cruces lograron un IPC más corto y tuvieron mayor probabilidad de preñarse en el siguiente entore que las puras, lo que les permitiría obtener más terneros en su vida productiva.

3.5. REFERENCIAS

- Casal A, Veiga M, Astessiano AL, Espasandin A, Trujillo AI, Soca P, Carriquiry M. 2014. Visceral organ mass, cellularity indexes and expression of genes encoding for mitochondrial respiratory chain proteins in pure and crossbred mature beef cows grazing different forage allowances of native pastures. *Livestock Science*, 167(1): 195-205.
- Dickerson GE. 1973. Inbreeding and heterosis in animals. *Proc. Animal Breeding and Genetics Symposium in Honor of Dr. J. L. Lush, ASAS/ADSA, Champaign, Ill.* pp.54-77.
- Do Carmo M, Claramunt M, Carriquiry M, Soca P. 2016. Animal energetics in extensive grazing systems: Rationality and results of research models to improve energy efficiency of beef cow-calf grazing Campos systems. *Journal of Animal Science*. 94:85-92. <https://doi.org/10.2527/jas.2016-0596>
- Espasandín AC, Franco J, Oliveira G, Bentancur O, Gimeno D, Pereyra F, Rogberg M. 2006. Impacto productivo y económico del uso del cruzamiento entre las razas Hereford y Angus. 34 Jornadas Uruguayas de Buiatría. Centro Médico Veterinario, Paysandú, Uruguay. pp. 41-51.
- Frisch JE, Vercoe JE. 1977. Feed intake, eating rate, weight gains, metabolic rate and efficiency of feed utilization in *Bos taurus* and *Bos indicus* crossbred cattle. *Animal Production*. 25:343-358.
- Laporta J, Astessiano AL, López-Mazz C, Soca P, Espasandin AC, Carriquiry M. 2014. Effects of herbage allowance of native grasslands in purebred and crossbred beef cows: metabolic, endocrine and hepatic gene expression profiles through the gestation-lactation cycle. *An International Journal of Animal. Bioscience*. 8, 1119-1129. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000986>
- Madalena FE. 2001. Consideraciones sobre modelos para la predicción del desempeño de cruzamientos en bovinos. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 9(2): 108-117.
- Residiwati G, Tuska HAS, Dolatabad NA, Sidi S, Van Damme P, Pavani KC, Pascottini OB, Opsomer G, Van Soom A. 2020. Crossbreeding effect of double-muscled cattle on in vitro embryo development and quality.

Reproductive Biology. 20, 288-292.

<https://doi.org/10.1016/j.repbio.2020.07.007>

Zhanxing H, Xiechao H, Jicai Z. 2007. Comparison of superovulation effect and hormone change of Brahman with BMY cattle in whole year grazing. Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry. 35, 39-43

4. CROSSBRED COWS HAVE LOWER REPRODUCTIVE LOSSES THAN PUREBRED IN RESTRICTIVE NUTRIENT CONDITIONS

Rodrigo Vivián^{a*}, Ana Carolina Espasandín^b, Raquel Pérez Clariget^b

^a *Departamento de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, Estación Dr. Mario A Cassinoni, Universidad de la República. Ruta 3km 363, Paysandú CP 60000, Uruguay*

^b *Departamento de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Av. Garzón 780, Montevideo CP 12900, Uruguay*

*Corresponding authors.

E-mail adress: rodrigovivianparadizo@gmail.com (R. Vivián Paradizo)

4.1. RESUMEN

Las pérdidas reproductivas constituyen uno de las principales causas que afectan la producción de carne bovina. La heterosis generada producto de los cruzamientos podría ser una alternativa para disminuir dichas pérdidas. En este trabajo, se compararon las pérdidas reproductivas utilizando 543 registros de diagnóstico de gestación, parto y destete de dos genotipos diferentes en tres períodos: I) desde el servicio hasta el diagnósticos de gestación (DG, número de vacas diagnosticadas como no preñadas / vacas expuestas totales * 100), II) desde DG hasta el parto (número de vacas paridas / número de vacas diagnosticadas como preñadas * 100), y III) desde el parto al destete (número de terneros destetados / número de vacas paridas * 100) en vacas de carne multíparas puras (PU: Hereford y Angus) y sus respectivas cruza F1 (CR: Angus-Hereford, Hereford-Angus) pastoreando dos ofertas de forraje (OF) de campo natural (Alta :AOF= 4.9 kg de MS / kg de peso vivo en promedio) y Baja (BOF: 2.9 kg de MS / kg de peso vivo en promedio). El genotipo afectó las pérdidas reproductivas solo en el período I ($P < 0,01$); las vacas PU tuvieron mayores pérdidas reproductivas ($P < 0,01$) que las vacas CR. Sin embargo, no se encontraron diferencias entre los grupos de oferta de forraje en ninguno de los períodos estudiados. Por otro lado, se encontró una interacción significativa entre el genotipo y el tratamiento nutricional ($P = 0,05$). Las vacas PU pastoreando BOF presentaron mayores pérdidas ($P = 0,04$) que CR, sin embargo, no se encontraron diferencias entre el genotipo cuando las vacas pastorearon AOF. No hubo diferencias significativas entre el DG a parto (período II; $P = 0,88$) y entre parto y destete (período III; $P = 0,61$). Se concluye que las vacas CR logran una mayor cosecha de terneros debido a una mayor eficiencia metabólica independientemente del plan nutricional al que estén sometidas a diferencia de las vacas PU que lograron una mejor performance durante su ciclo cuando se les incremento la oferta de forraje.

Palabras claves: vacas de carne, multíparas, pérdidas de preñez, genotipo de vaca, campo natural

4.2. ABSTRACT

Reproductive losses are one of the main causes affecting beef production. The heterosis generated as a result of crosses could be an alternative to reduce these losses. In this work, reproductive losses were compared using 543 records of pregnancy diagnosis, calving and weaning from two different genotypes in three periods: I) from service to pregnancy diagnosis (PD, number of cows diagnosed as non-pregnant / total exposed cows * 100), II) from PD until calving (number of calving cows / number of cows diagnosed as pregnant * 100), and III) from calving to weaning (number of weaned calves / number of calves calved * 100) in pure multiparous meat cows (PU: Hereford and Angus) and their respective F1 crosses (CR: Angus-Hereford, Hereford-Angus) grazing two natural grassland herbage allowance (HA: High : HiHA= 4.9 kg DM/kg live weight on average and Low: LoHA: 2.9 kg DM/kg live weight on average). The genotype affected reproductive losses only in Period I ($P < 0.01$); PU cows had higher reproductive losses ($P < 0.01$) than CR cows. However, no differences were found between the HA groups in any of the periods studied. On the other hand, a significant interaction was found between genotype and nutritional treatment ($P = 0.05$). The PU cows grazing LoHA presented greater losses ($P = 0.04$) than CR, however, no differences were found between the genotype when the cows grazed HiHA. There were no significant differences between PD to calving (Period II; $P = 0.88$) and between calving and weaning (Period III; $P = 0.61$). It is concluded that CR cows achieve a greater harvest of calves due to a greater metabolic efficiency regardless of the nutritional plan to which they are subjected, unlike PU cows that achieved better performance during their cycle when the HA was increased.

Key words: beef cows, multiparous, pregnancy losses, cow genotype, native grassland

4.3. INTRODUCTION

Reproductive efficiency is a key factor for beef production systems, with calf crop being a key determinant of profitability in beef cow-calf operations. Beef cow's breeding systems are adapted to extensive conditions which are competitive due to reduce costs of feeding. However, the quantity and quality of forage in extensive systems differ in seasons and results in the cow to nutritional restriction in certain periods, leading to a state of undernutrition (Gutiérrez *et al.*, 2014). The demand for nutrients in pregnant cows increases in the last third of gestation where the fetus gains about 75% of its birthweight (Bauman and Currie, 1980). According to Oliveira Filho *et al.* (2010), inadequate cow nutrition is the main cause of reproductive failures in herds. Balanced nutrition is essential for cows to maintain a good nutritional status, which affecting follicular growth and ovulation, quality of the oocyte and pregnancy maintenance (Smuts *et al.*, 2018). Those cows with a better condition score at calving generally have higher pregnancy rates, since the score represents the available body reserves, they will have during lactation and the service period (Bohnert *et al.*, 2013). In other species there are many contradictions regarding how nutrition influences reproductive success or failure. In both sheep and pigs, a nutrition around the time of service affects the incidence of embryonic mortality. It has been reported than a high energy intake for 12 days prior to superovulation and artificial insemination resulted in a significant reduction in embryo viability in sheep (McEvoy *et al.*, 1995). On the other hand, Parr *et al.* (1987) in sheep and Ashworth *et al.* (1995) in pigs reported that an increase in nutrition in the period after insemination increases embryonic mortality. On the other hand, sub nutrition also increases de embryo losses in ewes. Indeed, a low food intake after mating reduces the embryo growth rate and increases the embryo mortality (Rhind *et al.*, 1989). Abecia *et al.* (2006) reviewed the nutrition and embryo losses, and beyond the contradictions in the literature, they reported than overnutrition but also sub nutrition increases the embryo losses; moreover, sub nutrition decreases the level of IFN τ by the embryo and increase the PGF 2 α levels secreted by the endometrium.

In beef cows, early embryonic mortality is recognized as one of the main causes of reproductive failure in extensive systems (Roche *et al.*, 1981; Maurer and Chenault,

1983), where it represents a 40% loss since term fertilization. About 80% of these losses occur between days 8 and 16 post-insemination (Sreenan and Diskin, 1986). However, losses are not easy to detect in extensive production systems, where the diagnosis of gestation used is by ultrasonography or rectal palpation at day 28 or 60 after fertilization (Romano *et al.*, 2017). Reproductive losses in cattle results in fewer calves born and consequently, financial loss to the beef industry, a tool used in breeding extensive systems is the management of herbage allowance, has been associated with higher live weight and body condition of cows, coupled with increases in maternal milk production and calf weight (Nicoll, 1979; Baker *et al.*, 1981). The main tool to control grazing intensity would be the control of herbage allowance defined as the kg of dry matter (DM) per kg of live weight (PV) (Sollenberger *et al.*, 2005) increasing both pasture productivity (Maraschin *et al.*, 1997; Soares *et al.*, 2003) and animal productivity (Stuedemann and Franzluebbers, 2007). Furthermore, the productivity of the breeding system (weaning weight and reproductive efficiency) is influenced by genetic components. Genetic components influence productive and reproductive performance, being higher in crossbred cows than in their purebred counterparts (Laporta *et al.*, 2014). In addition, Do Carmo *et al.* (2016) reported higher efficiency in crossbred cows than purebred cows under different herbage allowance (High vs. Low) throughout the year, which is reflected in changes in metabolic and endocrine profiles and hepatic gene expression (Laporta *et al.*, 2014). Therefore, it was hypothesized that the superiority of crossbreed cows manifests itself independently of the herbage allowance. As a second hypothesis, was that the increase in herbage allowance decreases reproductive losses from the moment the cow is exposed to the sire until weaning regardless of genotype. The objective of this study was to compare the reproductive losses from the time the cow is exposed to the sire to weaning in pure beef cows (Hereford and Angus) and their crosses (AH and HA) subjected to two herbage allowance of native grassland.

4.4. MATERIALS AND METHODS

Animal and procedures used in this work were approved by the Animal Experimentation Committee of Universidad de la República (CHEA, Uruguay).

1.1.5. Location, animals and treatment

The experiment was carried out on 95 ha of Campos grassland located at the Estación Experimental Bernardo Rosengurtt, Facultad de Agronomía, Udelar, Uruguay (32°S 54°W) between 2007 and 2015 years. The experimental design was previously reported by Do Carmo *et al.* (2018); Casal *et al.* (2014); Laporta *et al.* (2014). Briefly, multiparous breeding cows aged 4 to 8 years old of purebred [PU, Hereford (HH) and Aberdeen Angus (AA)] and their F1 crossbred (CR, AxH and HxA) generated as part of a diallel crossbreeding experiment (Espasandin *et al.*, 2010) were used in a complete randomized block design with two replications (Block 1: sandy loam soil was 60 ha and block 2: clay loam soil was 35 ha in area) and two herbage allowance (the ratio between herbage mass and stocking rate; kg of herbage DM/kg of BW; Sollenberger *et al.*, 2005; Allen *et al.*, 2011): High (Hi) and Low (Lo). Herbage allowance varied with season of the years; in average, Hi group foraged at 4.7, 6, 5.6, and 3.3 kg of DM/kg of BW (annual average: 4.9), meanwhile Lo foraged at 2.3, 2.8, 3.6, and 2.9 kg of DM/kg of BW (annual average: 2.9) during spring, summer, autumn and winter, respectively. The 2 x 2 (genotype and nutritional treatments) factorial combinations produced four groups PUHi, PULo, CRHi and CRLo (Table 1). The cows were on a continuous grazing system with access to water *ad libitum* and submitted to similar reproductive and sanitary management. The dataset used in this work contained 543 records of pregnancy diagnosis, calving and weaning.

Table1. Number of records of cows according to genotype (PU: purebred and CR: crossbred) grazing different nutritional treatment: High (Hi) and low (LO) grassland herbage allowance (HA: Herbage allowance: kg DM/kg BW).

Genotype	Herbage allowance		
	Hi	Lo	Total
Purebred	198	132	330
Crossbred	120	93	213
Total	318	225	543

At the beginning of the experiment (2007) cow's BW was 447 ± 58 kg and body condition score (BCS; scale 1 to 8; Vizcarra *et al.*, 1986) was 4.1 ± 0.5 . The mating periods began on 1st of December and finished on 1st of February (summer SH) and the pregnancy diagnoses was conducted by ultrasonography at 45 days. All sires used were andrologically evaluated each year around 50 days before the mating periods began. All cows received 2kg/animal of rice bran (88% DM, 14% CP, 9% ADF, 24% NDF, 13% ether extract) during the first 20 days of the mating period (flushing) and suckling was restricted were applied using nose plate to all the calves during 12 days (Soca *et al.*, 2013; Claramunt *et al.*, 2018). The weaning was performed in March-April (autumn, SH).

1.1.6. Variables studied

The total reproductive losses (number of weaned calves/total exposed cows * 100) were studied in three Periods: I) from the mating period to pregnancy diagnoses (PD, number of cows diagnosed as non-pregnant/ total exposed cows * 100); II) from PD to calving (number of calving cows/ number of cows diagnosed as pregnant * 100); III) from calving to weaning (number of weaned calves/numbers of calving cows * 100).

1.1.7. Statistical Analysis

On average, during the experimental years, BCS and BW were greater for Hi than Lo (Gutiérrez *et al.*, 2013), neither BW nor BCS were analysed in this work

because they were considered as part of the treatment. Data were analysed using SAS Academic Edition (SAS OnDemand for Academics, SAS Institute Inc.). Reproductive losses presented binomial distribution and were analyzed using the GLIMMIX procedure. The model included the effects of the genotype (PU vs. CR), the nutritional treatment (Hi vs. Lo), and their interactions as fixed effects, and the year and the cow as random effects. The effect of the sire was removed from the models because the covariance parameter was zero or near zero. Least squares mean tests were conducted to analyze differences among groups. Means were considered to differ when $P < 0.05$, and a trend was declared when $0.05 < P < 0.10$. Results were presented as least square means \pm pooled standard error according to the following models:

Model: Reproductive losses according to genotype and herbage allowance

Where:

$$Y_{ijklm} = \mu_0 + CG_i + HA_j + (CG*HA)_{ij} + C_k + Y_l + \varepsilon_{ijkl}$$

μ_0 = general average

CG_i = fixed effect of cow genotype

HA_j = fixed effect of herbage allowance

$(CG*HA)_{ij}$ = fixed effect of interaction between cow genotype and herbage allowance

C_k = random effect of each cow

Y_l = random effect of year

ε_{ijkl} = experimental error associated with each observation

4.5. RESULTS

The genotype affected the reproductive losses only in Period I ($P < 0.01$; **Table 2**); the PU cows had greater reproductive losses ($P < 0.01$) than the CR cows. However, no differences between herbage allowance groups were found in any of the studied Periods (**Table 2**). On the other hand, there was a significant interaction between genotype and nutritional treatment ($P = 0.05$, **Figure 1**). The PU cows grazing LoHA showed greater losses ($P = 0.04$) than CR, however, no differences were found

between genotype when the cows grazed HiHA. No significant differences were found between pregnancy diagnoses to calving (Period II; $P = 0.88$) and between calving to weaning (Period III; $P = 0.61$) (Table 2).

Table 2

Reproductive losses (mean \pm SEM) from mating to pregnancy diagnoses (Period I), from pregnancy diagnoses to calving (Period II), and to calving to weaning (Period III), in purebred (PU), and crossbred (CR) cows grazing High (Hi) and low (LO) grassland herbage allowance (HA):

Period	Genotype		HA		SEM	P-value		
	PU	CR	HI	LO		Genotype	HA	CGxHA
I	9.0 ^a	3.0 ^b	5.0 ^a	8.0 ^a	0.29	0.01	0.15	0.05
II	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.87	0.88	0.88
III	2.0	1.0	2.0	4.0	0.72	0.22	0.45	0.61

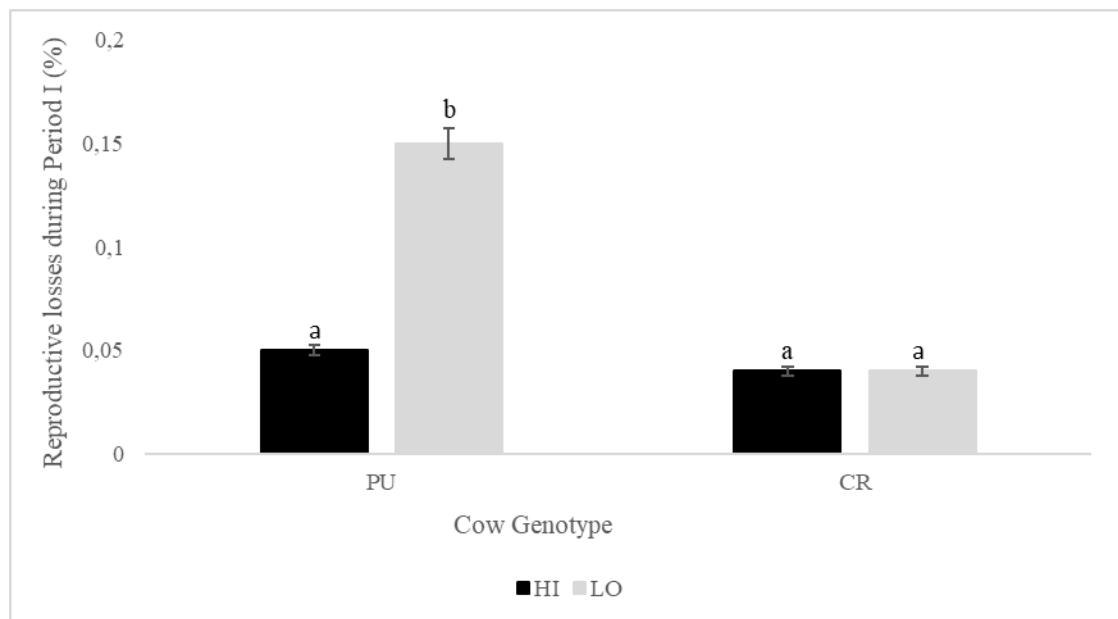


Figure 1. Effect of cow genotype (PU and CU) and herbage allowance (HI: black bars; LO: grey bars) of the cows on the reproductive losses in Period I: from mating to pregnancy diagnoses. "a" and "b" indicate differences among breeds for reproductive losses between mating to pregnancy diagnoses ($P=0.05$) according to herbage allowance.

4.6. DISCUSSION

In the present study, CR cows had lower reproductive losses since the cow were exposed to sire until pregnancy diagnoses than PU when grazing Lo herbage allowance, but when cows grazed on Hi herbage allowance, no differences between genetic groups were found.

It should be noted that when the females were exposed to the sires it was unknown if the cows had restarted the ovarian cyclicity after calving, so this period included cows in postpartum anestrus at the beginning of the mated period. It is known that a better nutrition decreased the length of postpartum in purebred cows (Randel, 1990; Rubio *et al.*, 2021), and in crossbred cows grazing on native pasture supplemented to achieve 100% or 150% of requirements showed a shorter period from calving to the first ovulatory follicle than non-supplemented (Klein *et al.*, 2020). This could be an explanation for the results we observed in PU cows, however, this effect apparently was not present in CR. On the other hand, CR cows have shorter postpartum period than PU (King and Macleod, 1984). Laporta *et al.* (2014) working with similar treatment after 60 days of postpartum, reported that CR cows had around on month earlier the commencement of luteal activity than PU. However, it must be taken into account that all the cows were submitted to temporarily weaning and to dietary flushing; the first reduces the days of postpartum anestrous and the second increases early pregnancy rate (Soca *et al.*, 2013).

It has been suggested that undernutrition affected the hormones; progesterone and oestradiol play a central role in the establishment of uterine receptivity to the embryos and drives conceptus elongation though molecular changes induced in the endometrium (McDonald *et al.*, 1952; Binelli *et al.*, 2001; Starbuck *et al.*, 2004). Undernutrition is detrimental for the early growth of ovarian follicles and after ovulation, progesterone secretion of the corpus luteum can be reduced (Sanz *et al.*, 2001). It may be possible that the effect of heterosis in crossbred cows generates a higher concentration of ovarian steroids and, therefore, crossbred cows achieve greater reproductive success than pure cows. It has been documented that when comparing the concentrations of progesterone and estradiol to produce embryos in pure cows (Brahman) and crosses (BMY) the concentration of both hormones and, the

average number of corpus luteum and embryos recovered was higher in crossed *vs.* pure cows, suggesting a certain degree of heterosis at the hormonal level in blood that could explain the greater number of embryos recovered (Zhanxing *et al.*, 2007). However, studies have described an inverse relationship between energy intake and systemic progesterone concentration. Nolan *et al.* (1998) found 25% lower progesterone concentrations in beef heifers fed high *vs.* low energy diet. High energy intake and milk production increases metabolic rate and blood flow through the liver, resulting in an increased clearance rate progesterone (Doyle *et al.*, 2019; Dunne *et al.*, 1999). It could be assumed that by increasing the herbage allowance to the CR, added to the flushing diet they received during the mating period, and the greater milk production they produce (Gutierrez *et al.*, 2013) generates a liver clearance. Contrary situation generated in pure cows, where the Lo herbage allowance submitted was really affected, but by increasing the HA, were favored since it covered their energy requirements. Although the data generated from this experiment undoubtedly demonstrates that the differences found in Period I (from the mating period to pregnancy diagnosis) vary according to the genotype and herbage allowance, but mainly these changes in absolute terms are reflected in the PU cows and not so in the CR. Moreover, it has been suggesting a decreased in nutritional status has been reported to impact embryo survival both to maternal recognition (Dunne *et al.*, 1999) and to pregnancy determination (Dunne *et al.*, 1999; Arias *et al.*, 2012; Perry *et al.*, 2015).

Embryo losses that occur during Period I, were influenced by the genotype of the cows and herbage allowance. Although it is documented that fertilization rates in beef cows are close to 90% (Santos *et al.*, 2004), the average pregnancy rate at around day 30 of gestation ranges between 45 to 60 % (Lamb *et al.*, 2010). The interval from fertilization to the first pregnancy diagnosis is a critical period for the establishment of pregnancy in cattle (Wiltbank *et al.*, 2016). Undernutrition prior breeding is known to have deleterious impacts on pregnancy diagnosis and reproductive efficiency in beef cattle (Short *et al.*, 1990; Diskin *et al.*, 2003). Dunne *et al.* (1999) working with beef heifers found that a short-term (2 weeks) reduction in energy intake after artificial insemination severely reduced embryo survival rates by 41%. At the same time, Perry

et al. (2015) and Kruse *et al.* (2017) indicating nutrient restriction might also impact early embryonic development. Kruse *et al.* (2017), reported that when the embryos were recovered from heifers submitted to energy nutritional restriction post-artificial insemination, the embryos decreased quality, the number of blastomeres was reduced had a tendency to have a lower percentage of living cells. This could be an explanation for the results we observed from the current study were the cows submitted under Lo herbage allowance delayed embryonic development and reduced embryo quality increased to favor PU *vs.* CR cows. However, when herbage allowance increases, PU decreases reproductive losses during Period I how was expected but, this behavior was not reflected in the CR, this means that despite the fact herbage allowance was increased there were no differences. Based on our findings, Fontes *et al.* (2019), reported that pure cows (Angus) presented greater pregnancy failures under a nutritional restriction *vs.* maintenance diet in the requirements with respect to crosses (Brahman x Angus), but in turn pure cows with maintenance diet did not present differences with crosses either in restrictive or maintenance diet. Probably the CR cows due to the effect of the heterosis generated by the crosses present lower maintenance requirements with respect to the PU, and perhaps the Lo herbage allowance submitted to the CR cows and the dietary flushing during the mating period could not be generated a nutritional restriction, and by increasing the herbage allowance (Hi) did not generate differences in reproductive losses.

It is documented that CR cows have lower energy requirements (5%) compared to PU cows (Frish and Vercoe, 1977). Ferrell and Jenkins (1985) and Gutiérrez *et al.* (2013) reported that differences in energy requirements in favor of CR were associated with the potential of milk production. Casal *et al.* (2014) working with similar treatment shown that CR cows had a better body condition attributed to a greater mobilization of muscle tissue than adipose in restrictive conditions, and greater weight of metabolic organs such as the liver, suggesting better biological efficiency. However, when pure cows cover their requirements of gestation and lactation, as seems to happen in animals grazing HiHA, the reproductive process takes place without nutritional stress and the crossbreed cows lose the comparative advantage they have in the

conditions of restriction. On the other hand, it could be thought that the differences found in CR cows compared to a HiHA or LoHA, the LoHA was not nutritional restriction due to the differential management (*flushing* and *suckling restrict*) that was carried out in them, which could affect their energy requirements; but as the HA increased, it did not differ from the LoHA, and the energy consumed was destined to further increase his maintenance requirements and milk production from calves to the foot.

Crossbreeding increases the incidence of dystocia, so the calf mortality (Campero *et al.*, 2017). Also, the increase the food intake, mainly in last gestation, increases the birth weight of the newborn causing dystocia (Hickson *et al.*, 2006). In this work there no neither genotype nor the herbage allowance influenced the reproductive losses since calving to weaning. Probably the careful selection of the bulls can, at least partially explain the absent of the genotype effect, and it is probable that Hi did not affect the birth weight (Gutierrez *et al.*, 2013).

4.7. CONCLUSIONS

The CR presented lower reproductive losses with respect to the PU under nutrient restrictive conditions. However, when herbage allowance was increased, the PU responded by decreasing the reproductive losses, but not the CR cows. It could be said that CR cows manage to produce more calf crop due to their efficiency regardless of the nutritional plan to which they are subjected unlike PU ones.

4.8. DECLARATION OF COMPETING INTEREST

Authors declare no conflict of interest.

4.9. ACKNOWLEDGEMENT

The authors thank to the scientific and field staff of the Experimental Station “Bernardo Rosengurtt, Facultad de Agronomía, Udelar” (Uruguay) for their collaboration during the experimental work. This research was partially funded by the Agencia Nacional de Investigación e Innovación (Uruguay) through the graduate scholarship awarded to R. Vivián Paradizo (POS_NAC_2020_1_164315)

4.10. REFERENCES

- Abecia JA, Sosa C, Forcada F, Meikle A. (2006). The effect of undernutrition on the establishment of pregnancy in the ewe. Review. *Reprod Nutr Dev* 46: 367-378.
- Arias, R. P., P. J. Gunn, R. P. Lemenager, and S. L. Lake. 2012. effects of Post-AI nutrition on growth Performance and fertility of yearling Beef Heifers. In: Western Section American Society of Animal Science, Phoenix, AZ. p 117-121.
- Allen, V. G., C. Batello, E. J. Berretta, J. Hodgson, M. Kothmann, X. Li, J. McIvor, J. Milne, C. Morris, A. Peeters, and M. Sanderson. 2011. An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass Forage Sci.* 66:2–28. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00780.x>.
- Ashworth, C, Antipatis, C. and Beattie, L. 1995. Effect of pre- and post-mating nutritional status on embryo survival and uterine function in the pig. *Journal of Reproduction and Fertility, Abstract Series* 16: 12.
- Bauman, D.E., Currie, B., 1980. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *Journal of Dairy Science* 63, 1514–1529.
- Baker R.D., Le Du L.P., Alvarez F. 1981. The herbage intake and performance of set-stocked suckler cows and calves. *Grass and Forage Science.* 32:201-210.
- Binelli, M., Thatcher, W.W., Mattos, R., Baruselli, P.S, 2001. Antiluteolytic strategies to improve fertility in cattle. *Theriogenology* 56, 1451–1463. [https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(01\)00646-x](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(01)00646-x)
- Bohnert, D.W., Stalker, L.A., Nyman, A., Falck, S.J., Cooke, R.F., 2013. Late gestation supplementation of beef cows differing in body condition score: effects on cow and calf performance. *Journal of Animal Science* 91, 5485–5491.
- Campero, C. M.; Cantón, G. J. and Moore, D. P. 2017. Abortos y otras pérdidas reproductivas en bovinos: diagnóstico y control, ed. hemisferio sur. Buenos Aires, Argentina.
- Casal A, Veiga M, Astessiano AL, Espasandin A, Trujillo AI, Soca P, Carriquiry M. 2014. Visceral organ mass, cellularity indexes and expression of genes

- encoding for mitochondrial respiratory chain proteins in pure and crossbred mature beef cows grazing different forage allowances of native pastures. *Livestock Science*, 167(1): 195–205.
- Diskin, M. G., D. G. R. Mackey, J. F. Roche, and J. M. Sreenan. 2003. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. 78:345–370. doi:10.1016/S0378-4320(03)00099-X.
- Do Carmo, M., M. Claramunt, M. Carriquiry, and P. Soca. 2016. Animal energetics in extensive grazing systems: Rationality and results of research models to improve energy efficiency of beef cow-calf grazing Campos systems. *J. Anim. Sci.* 94(Suppl. 6):85–92. <https://doi.org/10.2527/jas2016-0596>.
- Do Carmo, M., Sollenberger, L.E., Carriquiry, M., Soca, P, 2018. Controlling herbage allowance and selection of cow genotype improve cow-calf productivity in Campos grasslands. *Prof. Anim. Sci.* 34, 32–41. <https://doi.org/10.15232/pas.2016-01600>
- Doyle DN, Lonergan P, Diskin MG, Pierce KM, Kelly AK, Stanton C, Waters SM, Parr MH, Kenny DA. Effect of dietary n-3 polyunsaturated fatty acid supplementation and post insemination plane of nutrition on systemic concentrations of metabolic analytes, progesterone, hepatic gene expression and embryo development and survival in beef heifers. *Theriogenology* 2019; 127:102-113.
- Dunne LD, Diskin MG, Boland MP, O’Farrell KJ, Sreenan JM. The effect of pre- and post-insemination plane of nutrition on embryo survival in beef heifers. *Anim Sci* 1999; 69:411-417.
- Espasandin, A.C., Ciria, M., Franco, J.B., Pereyra, F., Gimeno, D., 2010. Heterosis and Productive and Reproductive Performance in Angus, Hereford and F1 Reciprocal rossed.
- Ferrell, C.L., Jenkins, T.G., 1985. Cow type and the nutritional environment: nutritional aspects. *J. Anim. Sci.* 61, 725–741.
- Frisch, J. E., and J. E. Vercoe. 1977. Feed intake, eating rate, weight gains, metabolic rate and efficiency of feed utilization in *Bos taurus* and *Bos indicus* crossbred cattle. *Animal Production*. 25:343-358.

- Fontes, P.L.P., Oosthuizen, N., Ciriaco, F.M., Sanford, C.D., Canal, L.B., Pohler, K.G., Henry, D.D., Mercadante, V.R.G., Timlin, C.L., Ealy, A.D., Johnson, S.E., DiLorenzo, N., Lamb, G.C., 2019. Impact of fetal vs. maternal contributions of *Bos indicus* and *Bos taurus* genetics on embryonic and fetal development1. *J. Anim. Sci.* 97, 1645–1655. <https://doi.org/10.1093/jas/skz044>
- Gutiérrez, V., A. C. Espasandin, A. L. Astessiano, A. Casal, C. Lopez-Mazz, and M. Carriquiry. 2013. Calf foetal and early life nutrition on grazing conditions: Metabolic and endocrine profiles and body composition during the growing phase. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.)* 97:720–731.
- Gutiérrez, V., Espasandin, A.C., Machado, P., Bielli, A., Genovese, P., Carriquiry, M., 2014. Effects of calf early nutrition on muscle fiber characteristics and gene expression. *Livestock Science* 167, 408–416.
- Hickson, R., Morris, S., Kenyon, P., Lopez-Villalobos, N., 2006. Dystocia in beef heifers: A review of genetic and nutritional influences. *N. Z. Vet. J.* 54, 256–264. <https://doi.org/10.1080/00480169.2006.36708>
- King, G.J., Macleod, G.K, 1984. Reproductive function in beef cows calving in the spring or fall. *Anim. Reprod. Sci.* 6, 255–266. [https://doi.org/10.1016/0378-4320\(84\)90004-6](https://doi.org/10.1016/0378-4320(84)90004-6)
- Klein, J., Adams, S., Farias de Moura, A., Filho, D.C., Maidana, F., Brondani, I.L., Cocco, J.M., Rodrigues, L.D.S., Pizzuti, L., Silva, M.B., 2020. Productive performance of beef cows subjected to different nutritional levels in the third trimester of gestation. *Animal* 15, 100089. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100089>
- Kruse, S.G., Bridges, G.A., Funnell, B.J., Bird, S.L., Lake, S.L., Arias, R.P., Amundson, O.L., Larimore, E.L., Keisler, D.H., Perry, G.A., 2017. Influence of post-insemination nutrition on embryonic development in beef heifers. *Theriogenology* 90, 185–190. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.11.021>
- Lamb, G. C., C. R. Dahlen, J. E. Larson, G. Marquezini, and J. S. Stevenson. 2010. Control of the estrous cycle to improve fertility for fixed-time artificial

- insemination in beef cattle: a review. *J. Anim. Sci.* 88. doi:10.2527/jas.2009-2349.
- Laporta, J., Astessiano, A.L., López-Mazz, C., Soca, P., Espasandin, A.C., Carriquiry, M, 2014. Effects of herbage allowance of native grasslands in purebred and crossbred beef cows: metabolic, endocrine and hepatic gene expression profiles through the gestation-lactation cycle. *Anim. Int. J. Anim. Biosci.* 8, 1119–1129. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000986>
- Maraschin, G., E. Moojen, C. Escoteguy, L. Correa, E. Apezteguia, and I. Boldrini. 1997. Native pasture, forage on offer and animal response. In: J. Buchanan-Smith, D. Bailey D, P. McCaughey, editors, *Proc. XVIII Int. Grass Congr.* Saskatoon, Canada p. 27–28.
- Maurer, R.R. and Chenault, J.R. 1983. Fertilization failure and embryonic mortality in parous and nonporous beef cattle. *Journal of Animal Science* 56: 1186–1189.
- McEvoy, T., Robinson, J., Aiken, R., Findlay, P., Palmer, R. and Robertson, I. 1995. Dietary-induced suppression of pre-ovulatory progesterone concentrations in super ovulated ewes impairs the subsequent in vivo and in vitro development of their ova. *Animal Reproduction Science* 39: 89–107.
- McDonald, L. E., R. E. Nichols, and S. H. McNutt. 1952. Study of corpus luteum ablation and 418 progesterone replacement therapy in cattle. *Am. J. Vet. Res.* 13: 446-451.
- Nicoll, G.B. 1979. Influence of pre- and post-calving pasture allowance on Hill country beef cow and calf performance. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 22, 417-424.
- Nolan R, O'Callaghan D, DUBY RT, Lonergan P, Boland MP. The influence of short-term nutrient changes on follicle growth and embryo production following superovulation in beef heifers. *Theriogenology* 1998; 50:1263-1274.
- Oliveira Filho, B.D., Toniollo, G.H., Oliveira, A.F.D., Viu, M.A.O., Ferraz, H.T., Lopes, D.T., Gambarine, M.L., 2010. The effect of offering an energy and protein supplement to grazing canchim beef cows either postpartum or both pre- and postpartum on lipid blood metabolites and folliculogenesis. *Animal Reproduction Science* 121, 39–45.

- Parr, R., Davis, I., Fairclough, R. and Miles, M. 1987. Overfeeding during early pregnancy reduces peripheral progesterone concentration and pregnancy rate in sheep. *Journal of Reproduction and Fertility* 80: 317–320.
- Perry, G. A., E. L. Larimore, B. L. Perry, and J. A. Walker. 2015. Grazing behaviour of dry lot developed beef heifers and the influence of post-AI supplementation on AI pregnancy success. *Prof. Anim. Sci.* 31: 264-269.
- Randel R. D., (1990). Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *Journal of Animal Science* 68:853-862.
- Rhind SM, McKelvey WAC, McMillen S, Gunn RG, Elston DA. Effect of restricted food-intake, before and or after mating, on the reproductive-performance of grey face ewes. *Anim Prod* 1989, 48: 149–155.
- Roche, J.F., Boland, M.P. and McGeady, T.A. 1981. Reproductive wastage following artificial insemination in cattle. *Veterinary Record* 109: 95–97.
- Romano, J.E., Pinedo, P., Bryan, K., Ramos, R.S., Solano, K.G., Merchan, D., Velez, J, 2017. Comparison between allantochorion membrane and amniotic sac detection by per rectal palpation for pregnancy diagnosis on pregnancy loss, calving rates, and abnormalities in new born calves. *Theriogenology* 90, 219–227. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.11.004>
- Rubio, I., White, F.J., Spicer, L.J., Wettemann, R.P., 2021. Postpartum nutrition affects the insulin-like growth factor system in dominant follicles and plasma of anestrus beef cows. *Anim. Reprod. Sci.* 229, 106760. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2021.106760>
- Smuts, M.P., De Bruyn, S., Thompson, P.N., Holm, D.E., 2018. Serum albumin concentration of donor cows as an indicator of developmental competence of oocytes. *Theriogenology* 125, 184–192.
- Santos, J. E. P., W. W. Thatcher, R. C. Chebel, R. L. A. Cerri, and K. N. Galvão. 2004. The effect of embryonic death rates in cattle on the efficacy of estrus synchronization programs. *Anim. Reprod. Sci.* 82–83:513–535. doi: 10.1016/j.anireprosci.2004.04.015.

- Sanz A, Casassus I, Bernues A, Revilla R. Reinicio de la actividad folicular en vacas nodrizas sometidas a diferentes niveles de alimentación antes y después del parto. *Itea-Inf Tec Econ Ag Vol Extra* 2001; 22:727-729.
- Short RE., Bellows RA., Staigmiller RB., Berardinelli JG. and Custer EE. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *Journal of Animal Science*, 68: 799-816.
- Soares, A.B., Carvalho, P.C.F, Nabinger, C., Frizzo, A., Pinto, C.E., Junior, J.A.F, Semmelmann, C., da Trindade, J., 2003. Effect of changing herbage allowance on primary and secondary production of natural pasture. In: Proceedings of the 7th International Rangeland Congress, 26 July– 1 August 2003, 966-968.
- Soca P, Carriquiry M, Keisler DH, Claramunt M, Docarmo M, Olivera-Muzzante J, Rodriguez M, Meikle A. 2013. Reproductive and productive response to suckling restriction and dietary flushing in primiparous grazing beef cows. *Anim Prod Sci*, 53:283-291.
- Sollenberger, L. E., J. E. Moore, V. G. Allen, and C. G. S. Pedreira. 2005. Reporting forage allowance in grazing experiments. *Crop Sci*.45:896–900. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.0216>.
- Sreenan, J.M. and Diskin, M.G. 1986. The extent and timing of embryonic mortality in cattle. In *Embryonic mortality in farm animals* (ed. Sreenan, J.M. and Diskin, M.G.), pp. 142–158. Martinus Nijhoff, for Commission of the European Community.
- Starbuck, M.J., Dailey, R.A., Inskeep, E.K, 2004. Factors affecting retention of early pregnancy in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 84, 27–39. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2003.12.009>
- Stuedemann, J. A., and A. J. Franzluebbbers. 2007. Cattle performance and production when grazing Bermudagrass at two forage mass levels in the southern Piedmont. *J. Anim. Sci.* 85:1340–1350. <https://doi.org/10.2527/jas.2005-723>.
- Vizcarra, J.A.; Ibañez, W.; Orcasberro, R. 1986. Repetibilidad y reproducibilidad de dos escalas para estimar la condición corporal de vacas Hereford. *Investigaciones Agronómicas* no. 7: 45-47.

- Wiltbank, M. C., G. M. Baez, A. Garcia-guerra, M. Z. Toledo, L. J. Monteiro, L. F. Melo, J. C. Ochoa, J. E. P. Santos, and R. Sartori. 2016. Pivotal periods for pregnancy loss during the first trimester of gestation in lactating dairy cows. *Theriogenology*. 86:239–253. doi: 10.1016/j.theriogenology.2016.04.037.
- Zhanxing H., Xiechao H., Jicai Z, 2007. Comparison of superovulation effect and hormone change of Brahman with BMY cattle in whole year grazing. *J. Northwest Sci-Tech Univ. Agric. For.* 35, 39-43

5. DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES

5.1. DISCUSIÓN GENERAL

Los resultados de este trabajo muestran que las vacas cruzas presentaron menores pérdidas reproductivas que las puras independientemente de la paridad (artículo I), pero la ventaja de las primeras solo se observó durante el período I; es decir, desde que las vacas fueron expuestas a los toros o IA a diagnósticos de preñez. Esta diferencia se mantuvo en las vacas descriptas en el artículo III, pero solo cuando pastoreaban baja OF. En efecto, si bien las vacas cruzas tuvieron menores pérdidas reproductivas que las puras pastoreando una baja OF, cuando las vacas pastoreaban en alta OF, no se encontraron diferencias entre los grupos genéticos; si bien es cierto que las pérdidas eran de por sí muy bajas en baja OF, por lo que en estos valores disminuir aún más es difícil. Es decir, el aumento de la oferta de forraje tuvo un efecto positivo en las puras, pero parecería que las cruza ya habían alcanzado su máximo potencial en baja OF. En las condiciones del artículo I que parecerían ser condiciones nutricionales restrictivas, la HR de las vacas cruza les permitió mostrar un IPC más corto con respecto a las puras y, sobre todo, aumentar la probabilidad de quedar preñadas al siguiente servicio. Aparentemente, la HR pierde la ventaja cuando los grupos genéticos son sometidos a una alta oferta de forraje.

Al momento en que las vacas fueron expuestas a los toros se desconocía si habían reiniciado la ciclicidad ovárica después del parto, por lo que este período incluyó las vacas en anestro posparto al comienzo del período de servicios. Está documentado que una mejora en la nutrición disminuye la duración del anestro posparto tanto en vacas puras (Randel, 1990, Rubio et al., 2021) como en vacas cruza (Klein et al., 2021). Esto podría ser una explicación para los resultados observados en vacas puras ante una baja oferta de forraje (artículo I y III) y en el mayor IPC (artículo III), pero no para las cruzas. Por otra parte, las vacas cruzas tienen un período de anestro posparto más corto que la puras independientemente del plano nutricional (King y Macleod, 1984). Las diferencias en el artículo I y III pueden, al menos en parte, deberse a una mayor incidencia del anestro posparto en las vacas puras que en las cruzas y en el artículo III en las vacas puras en baja OF. En efecto, en Uruguay,

solo de un 20 a un 50 % de las vacas que paren reinician la ciclicidad dos meses después del parto (Menchaca et al., 2013). Los resultados de las vacas puras en el artículo I son similares a los del artículo III cuando pastoreaban baja OF, lo que podría reforzar la hipótesis de que en las vacas puras el anestro posparto explicaría en parte los resultados y que en el artículo I la oferta de forraje podría haber sido limitante. Cundiff et al. (1974) y Morris et al. (1987) trabajaron en experimentos de cruzamiento recíproco entre Hereford y Angus y encontraron un intervalo más corto hasta el primer estro y una mayor tasa de preñez en cruza vs. puras. Considerando nuevamente que las vacas cruza presentan anestros posparto más cortos que las puras, debido a una reanudación más temprana de la actividad ovárica, al menos parcialmente, a un mejor estado metabólico. Laporta et al. (2014), trabajando en condiciones similares al artículo III después de 60 días posparto, informaron que las vacas cruza comenzaban la actividad luteal un mes antes con respecto a las puras. De hecho, reportaron que las vacas cruza tenían una mayor puntuación de condición corporal, insulina en sangre y concentraciones de IGF-I, y abundancia hepática de ARNm GHR, lo que en parte podría explicar dichas diferencias. Sin embargo, hay que tener presente que en el artículo III el manejo de las vacas al servicio fue diferente al del artículo I, sin diferencia en la oferta de forraje, ni en la suplementación (*flushing*), ni en el manejo del amamantamiento, lo que podría explicar las diferencias. En efecto, tanto el *flushing* nutricional como el destete temporario mejoran los resultados: el primero mejora los resultados de preñez y el segundo acorta el anestro posparto (Soca et al., 2013). Es más, ese manejo diferencial podría explicar, al menos en parte, por qué las vacas cruza tuvieron mayores pérdidas en el artículo I que en el III, e incluso se podría hipotetizar que explicaría la similitud en las cruza pastoreando alta OF o baja OF. Por otro lado, no solo el anestro posparto está involucrado en el período I, también las pérdidas embrionarias tempranas y tardías.

El establecimiento de la preñez depende de la presencia del cuerpo lúteo y de la consiguiente secreción de progesterona, una de las principales hormonas responsables de mantener la preñez (Binelli et al., 2001), y también se ha demostrado que el estradiol tiene un efecto positivo durante este período (Starbuck et al., 2004). Es posible que el efecto de la heterosis induzca una mayor concentración de esteroides

ováricos y, por lo tanto, una mayor tasa de concepción en cruza vs. puras. Zhanxing et al. (2007) compararon las concentraciones sanguíneas de estradiol y progesterona y el potencial para producir embriones en Brahman puro y cruza BMY y reportaron que la concentración de ambas hormonas, estrógeno y progesterona, el número promedio de cuerpo lúteo y embriones recuperados fue mayor en vacas cruza que puras, lo que sugiere un cierto grado de heterosis en las hormonas reproductivas de esteroides en sangre que podrían explicar un mayor número de embriones recuperados. De hecho, los embriones de vacas cruza muestran un mayor desarrollo que los producidos por las razas puras (Residiwati et al., 2020). Lazzari et al. (2011) produjeron embriones de raza pura (Holstein) y cruza (Brown Swiss x Holstein) *in vitro* y encontraron que los embriones de vacas puras tenían una tasa de blastocistos más baja en los días 7 y 8 y una tasa de elongación más baja en el día 12, lo que indica un desarrollo menor y mayor retardo del crecimiento en comparación con los embriones de vacas cruza. Existen evidencias de que el alargamiento es un paso crucial para el desarrollo del embrión bovino, ya que la mayoría de las pérdidas embrionarias ocurren entre la blastulación y el elongamiento (Diskin y Sreenan, 1980), y la mayoría de los embriones avanzados en el día 12 muestran una tasa de preñez significativamente mayor que los más pequeños (Lazzari et al., 2002). El menor IPC (artículo II) manifestado por las vacas cruza vs. puras puede ser producto de un menor APP y/o menores pérdidas embrionarias tempranas.

Por otro lado, se sabe que la desnutrición previa a la inseminación artificial (IA) tiene efectos perjudiciales sobre la probabilidad de preñez afectando la eficiencia reproductiva de los rodeos (Short et al., 1990, Diskin et al., 2003). Dunne et al. (1999) reportaron que una reducción a corto plazo (2 semanas) en la ingesta de energía después de IA en vaquillonas redujo severamente (41 %) las tasas de supervivencia embrionaria. Al mismo tiempo, Perry et al. (2015) y Kruse et al. (2016) indican que la restricción de nutrientes también podría afectar el desarrollo embrionario temprano. Kruse et al. (2016) informaron que cuando se recuperaron embriones de vaquillonas sometidas a restricción nutricional de energía post IA, los embriones disminuyeron en calidad y el número de blastómeros se redujo, con una tendencia a tener un menor porcentaje de células vivas. Esto podría ser una explicación para los resultados que

observamos en el estudio actual donde las vacas frente a una baja OF (artículo III), o posiblemente frente a una oferta de forraje restrictiva (artículo I), las vacas puras tuvieron un retraso en el crecimiento y desarrollo embrionario y, por lo tanto, muerte embrionaria. Por otro lado, en el experimento III, el aumento de la oferta de forraje podría haber mejorado la calidad embrionaria favoreciendo más a las puras que a las cruzas, que aparentemente presentarían una menor incidencia de este problema por su propio genotipo y, por lo tanto, mejores resultados en el artículo I y en baja OF en artículo III. Estos resultados tanto para las vacas puras como las cruzas coinciden con Fontes et al. (2019), quienes reportaron que las vacas puras Angus tienen mayores pérdidas bajo una restricción nutricional cuando se las compara con vacas del mismo genotipo, pero sometidas a dieta de mantenimiento; y, con respecto a las cruzas, (Brahman x Angus), tanto en dieta de mantenimiento como en dieta restrictiva, no tuvieron diferencias en pérdidas de preñez al día 29.

Está documentado que las vacas cruza tienen menores requerimientos energéticos (5 % aproximadamente) en comparación con las vacas puras (Frish y Vercoe, 1977). Casal et al. (2014), trabajando en condiciones similares a las del artículo III, observaron una mejor condición corporal en las vacas cruza, lo que atribuyeron a una mayor movilización del tejido muscular que tejido adiposo en condiciones restrictivas, y mayor peso de órganos metabólicos como el hígado, lo que sugiere una mejor eficiencia biológica. Sin embargo, cuando las vacas puras cubren sus requerimientos de gestación y lactación, como parece suceder en los animales pastoreando alta OF (artículo III), el proceso reproductivo se lleva a cabo sin estrés nutricional y las vacas cruza pierden la ventaja comparativa que tienen en las condiciones de restricción. Por otra parte, se podría pensar que las diferencias encontradas en las vacas cruza frente a una alta OF o baja OF (artículo III), la baja OF no fue una restricción nutricional debido al manejo diferencial que se realizó en estas (*flushing* y deteste temporario), a diferencia del manejo del artículo I (condiciones nutricionales restrictivas) que pudiese afectar sus requerimientos energéticos; pero al aumentar la oferta de forraje no hubo diferencias con respecto a la baja OF y probablemente esa energía consumida la destinaron a sus reservas y a la mayor producción de leche para los terneros.

Las diferencias en las pérdidas reproductivas debidas a la paridad también se encontraron en el período I. Como era de esperar, el mayor porcentaje de pérdidas se vio en vacas primíparas, que deben enfrentarse al estrés de la primera lactancia y continuar su crecimiento (Carroll y Hoerlin, 1966), siendo una estrategia de supervivencia a expensas de la reproducción. Estos resultados son consistentes con reportes anteriores (Reese et al., 2020); la combinación de factores estresantes de crecimiento, lactancia y reproducción induce una mayor pérdida de preñez en vacas primíparas que nulíparas o multíparas (Werth et al., 1996, Freetly et al., 2006). Por otro lado, contrariamente a lo reportado por otros autores, no se encontraron diferencias entre las pérdidas reproductivas entre nulíparas y multíparas cuando las vacas fueron expuestas a los toros o inseminadas hasta el diagnóstico de gestación. Las mayores pérdidas en vacas multíparas vs. primíparas se asocian con fallas en el transporte de espermatozoides o el reconocimiento materno (Baez et al., 2016, Young et al., 2017), o el mayor tamaño del tracto reproductivo (Madureira et al., 2020). Las vacas nulíparas tuvieron menos pérdidas, probablemente debido a la mejor condición que tenían al comienzo de la época de servicio, no producían leche y no tenían la influencia de un ternero (Batista et al., 2012). Sin embargo, Shorten et al. (2015) informaron una relación negativa entre la edad de la vaca y la tasa de preñez, las vacas menores de dos años (nulíparas) y mayores de seis años (multíparas) tienen menor capacidad para quedar preñadas. En este trabajo, la edad de las vaquillonas no parecía ser un problema, pero su estro fue sincronizado y fueron sometidas a IA, un tratamiento diferente al de las vacas multíparas. De una forma u otra, nuestros datos no nos permitieron encontrar diferencias en las pérdidas reproductivas entre nulíparas y multíparas durante el período I.

Es sabido que los cruzamientos incrementan la incidencia de distocia y, por lo tanto, la mortalidad de terneros (Campero et al., 2017). Además, el aumento del consumo de alimento, principalmente en la última etapa de la gestación, incrementa el peso al nacer del ternero recién nacido (Lema et al., 2011) lo que causa distocia (Hickson et al., 2006). En este trabajo no hubo efecto ni del genotipo ni de la asignación de forraje que influya sobre las pérdidas reproductivas desde el parto hasta el destete. Probablemente la selección de los toros puede, al menos parcialmente,

explicar la ausencia del efecto genotipo, y es probable que la alta OF no afectara el peso al nacer (Gutiérrez et al., 2013).

5.2. CONCLUSIONES GENERALES

Las vacas cruzas presentaron menores pérdidas reproductivas con respecto a las puras en condiciones restrictivas nutricionales en el período desde el inicio del servicio al diagnóstico de gestación sin diferencias en la mortalidad de terneros desde el parto al destete. El aumento de la oferta de forraje no redujo las pérdidas en las vacas cruzas, pero si mejoró la performance reproductiva a favor de las puras dado que hubo una reducción en el porcentaje de pérdidas, por lo tanto, la ventaja de las cruzas debido a la heterosis retenida se perdió. A su vez, las vacas cruzas logran una mayor cosecha de terneros debido a sus menores pérdidas reproductivas, su menor IPC y su mayor probabilidad de quedar preñadas en el siguiente servicio que las vacas puras cuando las condiciones de pastoreo son restrictivas.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Allen VG, Batello C, Berretta EJ, Hodgson J, Kothmann M, Li X, McIvor J, Milne J, Morris M, Peeters A, Sanderson M. 2011. An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass Forage Science*. 66:2–28. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00780.x>.
- Assis AC, Pereira F, Santos TC, Ambrosio CE, Leiser R, Miglino MA. 2010. 45(5):760-72. PMID:19281595.
- Astessiano AL, Chilbroste P, Fajardo M, Laporta J, Gil J, Mattiauda D, Meikle A, Carriquiry M. 2012. Hepatic expression of GH-IGF axis genes in Holstein cows with different nutritional managements during early lactation. *Journal of Dairy Science*, 95(E-Suppl 2): 348.
- Astessiano AL, Carriquiry M, Mattiauda DA, Adrien ML, Chilbroste P, Meikle A. 2017. Endometrial gene expression in primiparous dairy cows at the end of the voluntary waiting period is affected by nutrition: Total mixed ration vs increasing levels of herbage allowance. *Reproduction in Domestic Animals*, 52(5), 798-805.
- Ayalon N. 1978. A review of embryonic mortality in cattle. *J. Reproduction. Fertility*. 54,483-493
- Baez GM, Barletta RV, Guenther JN, Gaska JM, Wiltbank MC. 2016. Effect of uterine size on fertility of lactating dairy cows. *Theriogenology* 85, 1357-1366. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.04.022>
- Bage R, Gustaffson H, Larsson B, Forsberg M, Rodriguer-Martinez H. 2002. Repeat breeding in dairy heifers: follicular dynamics and estrus cycle characteristics in relation to sexual hormone patterns. *Theriogenology* 57: 2257-2267.
- Baker RD, Le Du LP, Alvarez F. 1981. The herbage intake and performance of set-stocked suckler cows and calves. *Grass and Forage Science*. 32:201-210.
- Batista DS do N, de Abreu UGP, Ferraz Filho PB, Rosa ADN. 2012. Índices reprodutivos do rebanho Nelore da fazenda Nhumirim, Pantanal da Nhecolândia. *Acta Scientiarum. Animal. Science*. 34, 71-76. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v34i1.12267>

- Bell AW. 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *Journal of Animal Science* 73 (9): 2804-2819.
- Berretta EJ, Risso D, Montossi F, Pigurina G. 2000. Campos in Uruguay, in: Lemaire, G., Hodgson, J., de Moraes, A., Nabinger, C., Carvalho, P.C. d F. (Eds.), *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. CAB International, New York, USA, pp. 377–394.
- Bermúdez R, Ayala W. 2005. Producción de Forraje de un campo natural de la zona de lomadas del Este. En: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Treinta y Tres) Resultados experimentales. Montevideo, INIA. Pp. 41-50. (Serie Técnica n.º 151).
- Binelli M, Thatcher WW, Mattos R, Baruselli PS. 2001. Antiluteolytic strategies to improve fertility in cattle. *Theriogenology* 56, 1451-1463. [https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(01\)00646-x](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(01)00646-x)
- Blanc J, Ferraris A, Moraes J. 2002. Pérdidas Reproductivas desde el servicio al destete en un rodeo de Cría en la Zona Litoral del Uruguay, XXX Jornadas Uruguayas de Buiatría, Paysandú, Uruguay, pp. 259-263.
- Campero CM. 1998. Pérdidas perinatales y neonatales en terneros de rodeos de cría. *Therios* 27: 130-148.
- Campero CM, Cantón GJ, Moore DP. 2017. Abortos y otras pérdidas reproductivas en bovinos: diagnóstico y control. Ed. hemisferio sur. Buenos Aires, Argentina, pp. 233-242.
- Cantet, R.J.C., 1983. El crecimiento del ternero. Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina.
- Carroll E, Hoerlein A. 1966. Reproductive performance of beef cattle under drought conditions. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 148, 1030–1033.
- Casal A, Veiga M, Astessiano AL, Espasandín A, Trujillo AI, Soca P, Carriquiry M. 2014. Visceral organ mass, cellularity indexes and expression of genes encoding for mitochondrial respiratory chain proteins in pure and crossbred

mature beef cows grazing different forage allowances of native pastures. *Livestock Science*, 167(1): 195-205.

- Clariget JM, Quintans G, Banchemo G, Álvarez-Oxiley A, Bentancur O, López-Mazz CR, Pérez-Clariget R. 2020. Effects of rice bran and glycerin supplementation on metabolic and productive responses of beef cows. [En línea]. *Brazilian Journal of Animal Science e-ISSN 1806-9290*. Consultado 23 set 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.37496/rbz4920190082>
- Cundiff LV, Gregory KE, Koch RM. 1974. Effects of Heterosis on Reproduction in Hereford, Angus and Shorthorn Cattle². *Journal of Animal Science*. 38, 711-727. <https://doi.org/10.2527/jas1974.384711x>
- DIEA (Dirección de Estadísticas Agropecuarias). Anuario estadístico Agropecuario (2020). Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Estadísticas Agropecuarias (MGAP). Consultado 25 set 2021. [En línea] Disponible en: www.mgap.gub.uy/diea.
- Diskin MG, Sreenan JM. 1980. Fertilization and embryonic mortality rates in beef heifers after artificial insemination. *Journal of Reproduction and Fertility*. 59, 463-468. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0590463>
- Diskin MG, Mackey DGR, Roche JF, Sreenan JM. 2003. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. *Animal Reproduction Science*. 78:345-370. doi:10.1016/S0378-4320(03)00099-X.
- Diskin MG, Morris DG. 2008. Embryonic and early foetal losses in cattle and other ruminants. *Reproduction in Domestic Animals*; 43:260-7. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01171.x>
- Diskin MG, Parr MH, Morris DG. 2011. Embryo death in cattle: an update. *Reproduction, Fertility and Development*. 24, 244-251. <https://doi.org/10.1071/RD11914>
- Do Carmo M, Claramunt M, Carriquiry M, Soca P. 2016. Animal energetics in extensive grazing systems: Rationality and results of research models to improve energy efficiency of beef cow-calf grazing Campos systems.

- Journal of Animal Science. 94 (Suppl. 6):85-92. <https://doi.org/10.2527/jas2016-0596>.
- Dunne LD, Diskin MG, Boland MP, O'Farrell KJ, Sreenan JM. 1999. The effect of pre- and post-insemination plane of nutrition on embryo survival in beef heifers. *Animal Science*; 69:411-417.
- Dunn TG, Moss GE. 1992. Effects of nutrient deficiencies and excesses on reproductive efficiency of livestock. *Journal of Animal Science*. 70, 1580-1593. <https://doi.org/10.2527/1992.7051580x>
- DUTRA F. 2013. Diagnóstico de laboratorio de las principales enfermedades reproductivas de los bovinos en Uruguay In: QUINTANS, G.; SCARSI, A. (Eds.). Seminario de actualización técnica: cría vacuna Montevideo (UY): INIA, p. 15-26 (INIA Serie Técnica; 208)
- Espasandin AC, Ciria M, Franco JB, Pereyra F and Gimeno D 2010. Heterosis and productive and reproductive performance in Angus, Hereford and F1 reciprocal crossed cows on grazing systems of Uruguay. Proceedings XVI World Buiatrics Congress, Santiago, Chile, 14-18 November, abstract 862.
- Ferrell CL, Jenkins TG. 1985. Cow type and the nutritional environment: nutritional aspects. *Journal of Animal Science*. 61, 725-741.
- Freetly HC, Nienaber JA, Brown-Brandl T. 2006. Partitioning of energy during lactation of primiparous beef cows¹. *Journal of Animal Science*. 84, 2157-2162. <https://doi.org/10.2527/jas.2005-534>
- Frisch JE, Vercoe JE. 1977. Feed intake, eating rate, weight gains, metabolic rate and efficiency of feed utilization in *Bos taurus* and *Bos indicus* crossbred cattle. *Animal Production*. 25:343-358.
- Fontes PLP, Oosthuizen N, Ciriaco FM, Sanford CD, Canal LB, Pohler KG, Henry DD, Mercadante VRG, Timlin CL, Ealy AD, Johnson SE, DiLorenzo N, Lamb GC. 2019. Impact of fetal vs. maternal contributions of *Bos indicus* and *Bos taurus* genetics on embryonic and fetal development¹. *Journal of Animal Science*. 97, 1645–1655. <https://doi.org/10.1093/jas/skz044>
- Garrett JE, Geisert RD, Zavy MT, Morgan GL. 1988. Evidence for maternal regulation of early conceptus growth and development in beef cattle. *Journal*

of Reproduction and Fertility. 84, 437-446.

<https://doi.org/10.1530/jrf.0.0840437>

- Gutiérrez V, Espasandin AC, Astessiano AL, Casal A, Lopez-Mazz C, Carriquiry M. 2013. Calf foetal and early life nutrition on grazing conditions: Metabolic and endocrine profiles and body composition during the growing phase. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. (Berl.)* 97:720-731. doi: 10.1111/j.1439-0396.2012.01314.x
- Hess BW, Lake S, Scholljegerdes E, Weston T, Nayigihugu V, Molle JDC, Moss G. 2005. Nutritional controls of beef cow's reproduction. *Journal of Animal Science.* 83: E90-106.
- Hickson R, Morris S, Kenyon P, Lopez-Villalobos N. 2006. Dystocia in beef heifers: A review of genetic and nutritional influences. *New Zealand Veterinary Journal.* 54, 256–264. <https://doi.org/10.1080/00480169.2006.36708>
- Humblot P. 2001. Use of pregnancy specific proteins and progesterone assays to monitor pregnancy and determine the timing, frequencies and sources of embryonic mortality in ruminants. *Theriogenology* 56, 1417-1433. [https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(01\)00644-6](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(01)00644-6)
- King GJ, Macleod GK. 1984. Reproductive function in beef cows calving in the spring or fall. *Animal Reproduction Science.* 6, 255–266. [https://doi.org/10.1016/0378-4320\(84\)90004-6](https://doi.org/10.1016/0378-4320(84)90004-6)
- Klein J, Adams S, Farias de Moura A, Filho DC, Maidana F, Brondani IL, Cocco JM, Rodrigues LDS, Pizzuti L, Silva MB. 2020. Productive performance of beef cows subjected to different nutritional levels in the third trimester of gestation. *The international journal of Animal. Int. J. Anim. Bioscience.* 15, 100089. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100089>
- Kruse SG, Bridges GA, Funnell, BJ, Bird SL, Lake SL, Arias RP, Amundson OL, Larimore EL, Keisler DH, Perry GA. 2017. Influence of post-insemination nutrition on embryonic development in beef heifers. *Theriogenology* 90, 185–190. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.11.021>

- Lamb GC, Dahlen CR, Larson JE, Marquezini G, Stevenson JS. 2010. Control of the estrous cycle to improve fertility for fixed-time artificial insemination in beef cattle: a review. *Journal of Animal Science*; 88: E181-E192
- Laporta J, Astessiano AL, López-Mazz C, Soca P, Espasandin AC, Carriquiry M. 2014. Effects of herbage allowance of native grasslands in purebred and crossbred beef cows: metabolic, endocrine and hepatic gene expression profiles through the gestation-lactation cycle. *The international journal of Animal Bioscience*. 8, 1119-1129. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000986>
- Lazzari G, Wrenzycki C, Herrmann D, Duchi R, Kruij T, Niemann H, Galli C. 2002. Cellular and molecular deviations in bovine in vitro produced embryos are related to the large offspring syndrome. *Biology of Reproduction* 67 767-775. <https://doi:10.1095/biolreprod.102.004481>
- Lazzari G, Colleoni S, Duchi R, Galli A, Houghton FD, Galli C. 2011. Embryonic genotype and inbreeding affect preimplantation development in cattle. *Reproduction and Fertility*. Camb. Engl. 141, 625-632. <https://doi.org/10.1530/REP-10-0282>
- Lema OM, Gimeno D, Dionello NJL, Navajas EA. Pre-weaning performance of Hereford, Angus, Salers and Nellore crossbred calves: individual and maternal additive and non-additive effects. *Livestock Science*, v. 142. n. 1-3, p. 288-297, 2011. Article history: received 14 January 2011; received in revised form 8 August 2011; accepted 9 August 2011.
- Lonergan P, Forde N, Spencer T. 2016. Role of progesterone in embryo development in cattle. *Reproduction and Fertility*. Dev. 28, 66-74. <https://doi.org/10.1071/RD15326>
- Long NM, Vonnahme KA, Hess BW, Nathanielsz PW, Ford SP. 2009. Effects of early gestational undernutrition on fetal growth, organ development, and placentomal composition in bovine. *Journal of Animal Science*. 87, 1950-1959.

- Madalena FE. 2001. Consideraciones sobre modelos para la predicción del desempeño de cruzamientos en bovinos Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 9(2): 108-117.
- Madureira AML, Poole RK, Burnett TA, Guida TG, Edwards JL, Schrick FN Vasconcelos JLM, Cerri RLA, Pohler KG. 2020. Size and position of the reproductive tract impacts fertility outcomes and pregnancy losses in lactating dairy cows. Theriogenology 158, 66-74.
- Mann GE, Lamming GE. 2001. Relationship between maternal endocrine environment, early embryo development and inhibition of the luteolytic mechanism in cows. Reproduction and Fertility. Camb. Engl. 121, 175-180. <https://doi.org/10.1530/rep.0.1210175>
- Maraschin G, Moojen E, Escoteguy C, Correa L, Apezteguia E, Boldrini I. 1997. Native pasture, forage on offer and animal response. In: J. Buchanan-Smith, D. Bailey D, P. McCaughey, editors, Proc. XVIII Int. Grass Congr. Saskatoon, Canada. P. 27-28.
- Matsuyama S, Kojima T, Kato S, Kimura K. 2012. Relationship between quantity of IFNT estimated by IFN-stimulated gene expression in peripheral blood mononuclear cells and bovine embryonic mortality after AI or ET. Reproductive Biology and Endocrinology. 10, 21. <https://doi.org/10.1186/1477-7827-10-21>
- Mederos A, Faliveni C, Dutra F. 2022. Estudio sobre las pérdidas reproductivas en los rodeos de cría del norte y este del Uruguay. Producción Animal Revista INIA Uruguay, no.69, p.20-24. (Revista INIA; 69).
- McLean KJ, Crouse MS, Crosswhite MR, Negrin-Pereira N, Dahlen CR, Borowicz PP, Reynolds LP, Ward AK, Neville BW, Caton JS. 2018. The effects of nutrient restriction on mRNA expression of endogenous retroviruses, interferon-tau, and pregnancy-specific protein-B during the establishment of pregnancy in beef heifers. Journal of Animal Science. 96, 950-963.
- Mee JF, Sánchez-Miguel C, Doherty M. 2014. Influence of modifiable risk factors on the incidence of still birth/perinatal mortality in dairy cattle. Veterinary Journal. 199: 19-23

- Meikle A, De Brun V, Carriquiry M, Soca P, Sosa C, Adrien MDL, Chilbroste P, Abecia JA. 2018. Influences of nutrition and metabolism on reproduction of the female ruminant. [En línea]. In: International Ruminant Reproduction Symposium (16th to 20th., 2018, Foz do Iguacu, PR, Brazil). Proceedings. PR. Animal Reproduction, v. 15, (Suppl. 1), p. 899-911. 20. Consultado 23 set 2020. Disponible en DOI: 10.21451/1984-3143-AR2018-0017
- Menchaca A, Núñez R, Wijma R, García Pintos C, Fabini F, De Castro T. 2013. Como mejorar la fertilidad de los tratamientos de IATF en vacas *Bos taurus*. X Simposio Internacional de Reproducción Animal, IRAC, Córdoba, Argentina, 4-6 julio. Pp.: 103-134
- Moore DP, Campero CM, Odeón AC, Bardón JC, Silva-Paulo P, Paolicchi FA, Cipolla AL. 2003. Humoral immune response to infectious agents in aborted bovine fetuses in argentina. Revista Argentina de Microbiología. 35: 143-148.
- Morris CA, Baker RL, Johnson DL, Carter AH, Hunter JC. 1987. Reciprocal crossbreeding of Angus and Hereford cattle 3. Cow weight, reproduction, maternal performance, and lifetime production. New Zealand Journal of Agricultural Research. 30, 453-467. <https://doi.org/10.1080/00288233.1987.10417957>
- Nicoll GB. 1979. Influence of pre- and post-calving pasture allowance on Hill country beef cow and calf performance. New Zealand Journal of Agricultural Research 22, 417-424.
- Noya A, Serrano-Perez B, Villalba D, Casaus I, Molina E, Lopez-Helguera I, Sanz A. 2019. Effects of maternal subnutrition during early pregnancy on cow hematological profiles and offspring physiology and vitality in two beef breeds. Animal Science Journal. 90, 857–869.
- Orcasberro R. 1991. Propuesta de manejo para mejorar la eficiencia reproductiva de los rodeos de cría. En: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. Pasturas y producción en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, INIA. pp. 158-169 (Serie Técnica n.º 13).

- Pereira G, Soca P. 2000. Aspectos relevantes de la cría vacuna en Uruguay. Anales en Foro «Organización de la Cría Vacuna» Instituto Plan Agropecuario. San Gregorio de Polanco. Tacuarembó. Uruguay.
- Pereyra F, Urioste J, 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* (Montevideo). 19 (1): 140-149.
- Pérez-Clariget R, Carriquiry M, Soca P. 2007. Estrategias de manejo nutricional para mejorar la reproducción en ganado bovino. XX Reunión Latinoamericana de Producción Animal, 21-15 octubre, Cuzco, Perú.
- Perry GA, Larimore EL, Perry BL, Walker JA. 2015. Grazing behaviour of dry lot developed beef heifers and the influence of post-AI supplementation on AI pregnancy success. *The Professional Animal Scientist*. 31: 264-269.
- Pohler KG, Reese ST, Franco GA, Oliveira RV, Paiva R, Fernández L, de Melo G, Vasconcelos JLM, Cooke R, Poole RK. 2020. New approaches to diagnose and target reproductive failure in cattle. *Animal Reproduction*. 17, e20200057. <https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2020-0057>
- Quintans G, Vazquez AI. 2002. Efecto del destete temporario y precoz sobre el período de anestro posparto en vacas primíparas. En: *Actividades de Difusión* n.º 288. INIA, Uruguay. Pp. 110-122.
- Quintans G, Viñoles C, Sinclair KD. 2004. Follicular growth and ovulation in postpartum beef cows following calf removal and GnRH treatment. *Animal Reproduction Science*. 80(1): 5-14
- Quintans G, Bancharo 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. *Serie Técnica INIA* 174: 172-181.
- Quintans G, Bancharo G, Carriquiry M, López C, Baldi F. 2010. Effect of body condition and suckling restriction with and without presence of the calf on cow and calf performance. *Animal Production Science* 50 (10): 931-938.
- Randel RD. 1990. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *Journal of Animal Science* 68:853-862.

- Reese ST, Franco GA, Poole RK, Hood R, Fernández Montero L, Oliveira Filho RV, Cooke RF, Pohler KG. 2020. Pregnancy loss in beef cattle: A meta-analysis. *Animal Reproduction Science*. 212, 106251. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.106251>
- Residiwati G, Tuska HAS, Dolatabad NA, Sidi S, Van Damme P, Pavani KC, Pascottini OB, Opsomer G, Van Soom A. 2020. Crossbreeding effect of double-muscled cattle on in vitro embryo development and quality. *Reproductive Biology*. 20, 288-292. <https://doi.org/10.1016/j.repbio.2020.07.007>
- Richardson BN, Hill SL, Stevenson JS, Djira, GD, Perry GA. 2016. *Animal Reproduction Science*. 166, 133-140.
- Roberts RM, Leaman DW, Cross JC. 1992. Role of interferons in maternal recognition of pregnancy in ruminants. *Society for Experimental Biology and Medicine*. N. Y. N 200, 7-18. <https://doi.org/10.3181/00379727-200-43387a>
- Rodríguez A, Cooke R, Cipriano R, Silva L, Cerri R, Cruppe L, Meneghetti M, Pohler K, Vasconcelos J. 2018. *Journal of Animal Science*. 96, 236-249.
- Rovira Molins J. 1996. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo, Ed. Hemisferio Sur, pp. 287.
- Rubio I, White FJ, Spicer LJ, Wettemann RP. 2021. Postpartum nutrition affects the insulin-like growth factor system in dominant follicles and plasma of anestrus beef cows. *Animal Reproduction Science*. 229, 106760. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2021.106760>
- Serrano-Pérez B, Molina E, Noya A, López-Helguera I, Casasús I, Sanz A, Villalba D. 2020. Maternal nutrient restriction in early pregnancy increases the risk of late embryo loss despite no effects on peri-implantation interferon-stimulated genes in suckler beef cattle. *Research in Veterinary Science*. 128, 69–75. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2019.10.023>
- Simeone A, Beretta V. 2003. Destete precoz en ganado de carne. Montevideo, Hemisferio Sur. 118 p.

- Short RE, Bellows RA, Staigmiller RB, Berardinelli JG, Custer EE. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *Journal of Animal Science*, 68: 799-816.
- Shorten PR, Morris CA, Cullen NG. 2015. The effects of age, weight, and sire on pregnancy rate in cattle. *Journal of Animal Science*. 93, 1535-1545. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8490>
- Soares AB, Carvalho PCF, Nabinger C, Frizzo A, Pinto CE, Junior JAF, Semmelmann C, da Trindade J. 2003. Effect of changing herbage allowance on primary and secondary production of natural pasture. In: Proceedings of the 7th International Rangeland Congress, 26 July-1 August 2003, 966-968.
- Soca P, Orcasberro R. 1992. Propuesta de manejo del rodeo de cría en base a estado corporal, altura del pasto y aplicación de destete temporario. En: Orcasberro, R. ed. Evaluación física y económica de alternativas tecnológicas en predios ganaderos. Paysandú, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 54-56.
- Soca P, Carriquiry M, Keisler DH, Claramunt M, Docarmo M, Olivera-Muzzante J, Rodriguez M, Meikle A. 2013. Reproductive and productive response to suckling restriction and dietary flushing in primiparous grazing beef cows. *Animal Production Science*, 53:283-291.
- Sollenberger LE, Moore JE, Allen VG, Pedreira CGS. 2005. Reporting forage allowance in grazing experiments. *Crop Science*.45:896–900. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.0216>.
- Spencer TE, Forde N, Lonergan P. 2016. The role of progesterone and conceptus-derived factors in uterine biology during early pregnancy in ruminants. *Journal of Dairy Science*. 99, 5941-5950. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10070>
- Starbuck MJ, Dailey RA, Inskip EK. 2004. Factors affecting retention of early pregnancy in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 84, 27-39. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2003.12.009>
- Stuedemann JA, Franzluebbbers AJ. 2007. Cattle performance and production when grazing Bermudagrass at two forage mass levels in the southern Piedmont.

- Journal of Animal Science. 85:1340-1350. <https://doi.org/10.2527/jas.2005-723>.
- Thatcher WW. 2017. A 100-Year Review: Historical development of female reproductive physiology in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 100:10272-10291.
- Thomas J, Locke J, Bishop B, Abel J, Ellersieck M, Yelich J, Pooock S, Smith M, Patterson D. 2017. *Theriogenology* 92, 190-196.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2010. NAHMS Beef 2007-2008. Fort Collins, CO: USDA-APHIS-VS-CEAH-NAHMS.
- Velázquez MA. 2015. Impact of maternal malnutrition during the periconceptional period on mammalian preimplantation embryo development. *Domestic Animal Endocrinology*. 51, 27-45.
- Vizcarra JA, Ibañez W, Orcasberro R. 1986. Repetibilidad y reproducibilidad de dos escalas para estimar la condición corporal de vacas Hereford. *Investigaciones Agronómicas n.º 7*: 45-47.
- Werth LA, Whittier JC, Azzam SM, Deutscher GH, Kinder JE. 1996. Relationship between circulating progesterone and conception at the first postpartum estrus in young primiparous beef cows. *Journal of Animal Science*. 74, 616-619. <https://doi.org/10.2527/1996.743616x>
- Wiltbank MC, Baez GM, Garcia-guerra A, Toledo MZ, Monteiro LJ, Melo LF, Ochoa JC, Santos JEP, Sartori R. 2016. Pivotal periods for pregnancy loss during the first trimester of gestation in lactating dairy cows. *Theriogenology*. 86:239-253. doi: 10.1016/j.theriogenology.2016.04.037.
- Young CD, Schrick FN, Pohler KG, Saxton AM, Di Croce FA, Roper DA, Wilkerson JB, Edwards JL. 2017. Short communication: A reproductive tract scoring system to manage fertility in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 100, 5922-5927. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12288>
- Zhanxing H, Xiechao H, Jicai Z. 2007. Comparison of superovulation effect and hormone change of Brahman with BMY cattle in whole year grazing. *Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry*. 35, 39-43.