



Impacto del *manejo nutricional* en la eficiencia reproductiva de protocolos de *IATF*

Pietro S. Baruselli, Lígia Mattos Rebeis, Laís Ângelo de Abreu, Bruna Lima Chechin Catussi, Ana Carolina dos Santos Oliveira, Guilherme Felipe Ferreira dos Santos Departamento de Reprodução Animal, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

Ponencia presentada durante el 14 Simposio Internacional de Reproducción Animal.

Instituto Reproducción Animal Córdoba – IRAC- Argentina 2022



Hayden

Fotografía cortesía: Hacienda Los Esteros

El sistema de cría es uno de los principales sectores de la ganadería de carne con impactos directos en la ocupación de la tierra (el 70% de los pastos están ocupados por ganado) y en productividad de la cadena cárnica. El número y peso de terneros producidos por hembras

y la edad de las novillas al primer parto influye directamente en la eficiencia del sector. La *nutrición* es un factor relevante que juega un papel importante en la *reproducción* y afecta directamente al *desempeño reproductivo y productivo* de hatos de carne y leche.

La *nutrición* determina el peso vivo y la *condición corporal* (CC) y ambas han sido estudiadas durante más de 50 años para apoyar la fertilidad en novillas y vacas en el período posparto (Wiltbank et al., 1962). La puntuación de (CC) indica la condición nutricional y reservas

de energía de los animales y tiene un alto impacto en el resultado del IATF (Ayres et al., 2009; Ayres et al., 2014). Los estudios muestran que las vacas con (CC) menor de 2,75 (escala de 1 a 5) en el momento de la IA mostraron tasas de preñez más bajas en comparación con vacas con CC superior a 2,75 (Baruselli et al., 2004; Sá Filho et al., 2010; Ventas et al., 2011).

La (CC) influye en el retorno a la ciclicidad en el período posparto, puesto que las hembras con baja condición corporal bajo tienen una mayor sensibilidad hipotalámica a los efectos de retroalimentación negativa del estradiol, lo que lleva a un aumento en el intervalo entre la entrada y el regreso al carácter cíclico (Wiltbank et al., 2002; D'Occhio et al., 2019). Además, las hembras que pierden o mantienen baja condición corporal desde el nacimiento hasta el momento de la IATF tienen tasas de preñez más bajas que las hembras que ganan condición corporal (52,7% frente a 62,2%), lo que indica la importancia de monitorear la condición durante el posparto para optimizar los resultados (Abreu et al., 2021b).

El principal factor que determina una CC baja en la mayoría de las granjas de carne brasileñas es la temporada de partos que generalmente ocurre durante la sequía, que corresponde a bajas disponibilidad y calidad de los pastos (Santos et al., 2014). El suministro inadecuado de la ingesta de alimentos disminuye y genera deficiencias de nutrientes, provocando pérdida de peso y baja condición corporal de la hembra, comprometiendo la reproducción durante la época reproductiva (Hess et al., 2005). En novillas, el peso vivo al destete y la ganancia media diaria (GMD) después del destete, determina la edad y el peso vivo en la pubertad y la fertilidad posterior, a lo largo de la vida reproductiva (D'Occhio et al., 2019).

La nutrición establece la homeostasis metabólica sistémica; hormonas metabólicas como la leptina, el

IGF1 y la grelina actúan como factores de señalización que regulan la actividad de neuronas GnRH en el hipotálamo (D'Occhio et al., 2019). La liberación de GnRH y la función del sistema endocrino reproductivo está determinado por el equilibrio de señales positivas (IGF1, leptina) y señales negativas (grelina) en las neuronas GnRH. Se secreta la hormona grelina a través del tracto gastrointestinal (intestino) y se ha implicado como una señal metabólica para ingesta de alimentos y balance energético. Las concentraciones sanguíneas de grelina en el ganado se eleva durante la ingesta restringida de alimento y el equilibrio energético negativo. Los receptores de grelina están presentes en el hipotálamo y se ha propuesto que las vías de grelina también regulan las neuronas GnRH (Docchio et al., 2019).

La insulina y la glucosa son otras hormonas metabólicas y factores metabólicos que están influenciadas por la nutrición y el impacto en la reproducción en hembras de ganado vacuno (Samandi et al., 2013). El descubrimiento científico de que la insulina y la glucosa eran los niveles elevados en novillas y vacas mantenidas con buena nutrición respaldan la interpretación de que estos animales tienen una configuración metabólica diferente a la de los animales contemporáneos mantenidos bajo desnutrición.

Los factores nutricionales también influyen directamente en los folículos ováricos, los ovocitos y embriones. Los ácidos grasos saturados (AG) son perjudiciales para los ovocitos y los embriones mientras que los AG insaturados pueden ser beneficiosos. La proporción de AG (saturados, monoinsaturados, poliinsaturados) es probablemente la clave para la función reproductiva adecuado. La nutrición regula las concentraciones circulantes de hormonas metabólicas (leptina, IGF1, grelina) y factores metabólicos (FA) y ambos tienen funciones importantes en reproducción en hembras de carne.

Por lo tanto, es necesario desarrollar estrategias nutricionales que tengan como objetivo satisfacer las necesidades de proteínas, energía, minerales y vitaminas a través de un programa de suplementación. El objetivo de esta revisión es presentar y discutir los principales temas relacionados con el manejo nutricional que impactan la eficiencia de la IATF en rebaños de carne.

Impacto del manejo nutricional en novillas

Las novillas jóvenes son genéticamente evolucionadas y de gran importancia para la eficiencia de programas de mejoramiento genético en sistemas de producción de carne y leche bovina. Las novillas para carne deben ser apareadas temprano en la temporada de reproducción para aumentar la probabilidad de concebir nuevamente durante la siguiente temporada de reproducción, cuando están amamantando a su primera cría (Bo et al., 2007; Sa Filho et al., 2010). Está bien establecido por estudios científicos que la edad de la primera preñez de las novillas tiene una gran influencia en el rendimiento reproductivo a lo largo de la vida. Cuanto más temprana es la primera concepción y el primer parto de la novilla mayor es la eficiencia estado reproductivo de la hembra bovina (Short et al., 1994).

Las novillas cebuínas generalmente tienen una pubertad retrasada, siendo que el primer parto ocurre con frecuencia alrededor de los 36-48 meses de edad (Nogueira, 2004). Esa característica reproductiva del cebú se debe a una combinación de genética (Ferraz et al., 2018) con la nutrición (D'Occhio et al., 2019). En los trópicos y subtropicos, el tiempo de destete de los terneros coincide con el inicio de la estación seca (invierno), cuando hay compromisos en la cantidad y calidad de los pastos naturales (Sa Filho et al., 2015). Esto dificulta que las novillas cebuínas destetadas alcancen un

aumento de peso vivo de 0,6 a 0,7 kg/día, considerado adecuado para la ocurrencia oportuna de pubertad (Freetly et al., 2011). De hecho, las novillas cebuínas que no son manejadas adecuadamente para la nutrición y el crecimiento durante el desarrollo temprano pubertad tardía y a menudo no tienen la capacidad de aparearse hasta los 2 años de edad (Sa Filho et al., 2010). La suplementación nutricional temprana en la vida reduce la edad de pubertad en el Brahman (D'Occhio et al., 2019; Samadi et al., 2014) y novillas Nelore (Ferraz et al., 2018). Una mejor nutrición proporciona un aumento en la cantidad del tejido adiposo corporal en novillas (Romano et al., 2007; Martins et al., 2020). La adquisición de tejido adiposo se asocia con una mayor producción de leptina, que tiene un papel fundamental en la estimulación de las neuronas kisspeptina en el hipotálamo (D'Occhio et al., 2019). La Kisspeptina aumenta la actividad de las neuronas GnRH que activan el eje neuroendocrino reproductivo de novillas. La secuencia fue revisada y discutida recientemente de eventos endocrinos desencadenados por la leptina y que conducen a la pubertad en novillas (D'Occhio et al., 2019; D'Occhio et al., 2020). El tejido adiposo también produce otras sustancias que están relacionadas con el metabolismo energético y la reproducción en novillas. (D'Occhio et al., 2019; Nguyen et al., 2018). Además de los niveles circulantes de leptina, otras medidas corporales (peso vivo, condición corporal, altura a la cruz, profundidad del pecho, acumulación de grasa subcutánea) también se han asociado con la pubertad en novillas (Freetly et al., 2011; Nogueira, 2004; Lamb, 2013, Freitas et al., 2021).

Por lo tanto, la interacción entre nutrición y genética tiene impactos significativos en la eficiencia reproductiva de las hembras bovinas (Docchio et al., 2019). Los estudios han demostrado que la selección genética para la precocidad sexual reduce la edad del primer nacimiento

y mejora índices reproductivos del rebaño, aumentando la rentabilidad y el retorno económico de las granjas (Day y Nogueira, 2013; Ferraz et al., 2018; Baruselli et al., 2017). Ortega et al. (2020) evaluaron los efectos de diferentes estrategias nutricionales sobre la actividad ovárica de vaquillas Nelore pastando *Brachiarria decumbens*. Los autores comprobaron que el número de folículos, diámetro folicular y concentración de progesterona circulante fueron mayor ($P < 0.05$) en las novillas que recibieron mayores cantidades de suplemento post-destete (6g de proteína cruda/kg de peso vivo).

Con el objetivo de evaluar los factores nutricionales y genéticos que afectan la precocidad relación sexual de novillas Nelore, realizamos un estudio con 198 novillas Nelore de 14 meses (Martins et al., 2020). Los animales se mantuvieron durante 94 días bajo dos tratamientos nutricionales distintos (Confinamiento: aumento de peso de 1 kg/día vs. Pastos: aumento de peso de 0,3 kg/día) y dos clasificaciones genéticas (valor genético alto versus bajo para la precocidad sexual). 60 días después del inicio del experimento, se midió la grasa subcutánea tanto en la costilla y grupa. En ese momento, las novillas fueron presentadas a IATF y en un subgrupo de novillas (n=39) fue sometido a OPU/PIVE.

Los resultados mostraron que las novillas que tenían genética con mejor precocidad sexual, produjeron

una mayor cantidad de embriones de calidad. Este aumento también fue encontrado en vaquillas confinadas con mayor ganancia de peso por día (Cuadro 1). La tasa de preñez de IATF fue mayor en novillas con alta nutrición (Cuadro 2). Además, se encontró que novillas con mejor nutrición y genética con mejor precocidad sexual mostraron mayor depósito de grasa subcutánea, tanto en la costilla (Figura 1 A) como en la grupa (Figura 1 B). Por lo tanto, concluimos que tanto la nutrición como la genética influyen en la calidad embrionaria y en el depósito de grasa en la canal. Los datos también mostraron que la nutrición influye positivamente en la fertilidad en el IATF de novillas Nelore de 14 meses. Estos hallazgos refuerzan la importancia de una nutrición adecuada y de una selección genética para la precocidad sexual que brinden resultados satisfactorios en programas reproductivos que utilizan novillas Nelore súper precoces (14 meses de edad).

La eficiencia de la utilización del alimento en el ganado, medida por la conversión alimenticia residual (CAR), se mide por la diferencia entre el consumo real de materia seca y el esperado, considerando el peso del animal y la ganancia de peso diaria. La eficiencia de uso de alimentos es de fundamental importancia en la selección y crianza de bovinos que requieren menos insumos y, por tanto, menor costo por unidad de producción (Herd et al., 2013).

Cuadro 1. Resultados de la producción in vitro de embriones de vaquilla Nelore según grupos experimentales.

	Confinamiento (1kg/día)		Pasto (0,3kg/dai)		P-value		
	Alta genética	Baixa genética	Alta genética	Baixa genética	Nut	Gen	N*G
Número de animais	9	8	11	11			
Total de oócitos viáveis	23,9	19,9	19,5	20,8	0,6 9	0,76	0,39
Embrões de alta qualidade	7,7	3,3	4,0	2,4	0,0 5	0,00 9	0,35

Cuadro 2. Resultados de fertilidad de novillas Nelore sometidas a IATF según grupos experimentales.

	Confinamiento (1kg/día)		Pasto (0,3kg/día)		P-value		
	Alta genética	Baixa genética	Alta genética	Baixa genética	Nut	Gen	N*G
Número de animais	50	47	50	51			
Taxa de prenhez à 1ª IATF	52,0%	57,5%	48,0%	29,4%	0,02	0,33	0,11
Taxa de prenhez à 2ª IATF	41,2%	26,7%	27,3%	29,0%	0,61	0,57	0,45
Taxa de prenhez acumulada (1ª + 2ª IATF)	66,0%	66,0%	60,0%	47,1%	0,07	0,37	0,38

Las novillas con mejor eficiencia de conversión alimenticia (CAR) tienden a ser relativamente delgadas y alcanzan la pubertad más tarde que el promedio de la raza (*Randel y Welsh, 2013*).

Este es un potencial dilema en la selección genética del ganado vacuno que busca animales más eficientes en la conversión de alimentos para mejorar la productividad y sostenibilidad, pero sin comprometer la fertilidad. Realizamos estudios para evaluar el efecto del CAR sobre la fertilidad de novillas Nelore (*Catussi et al., 2020*). El objetivo del estudio fue evaluar las relaciones fenotípicas entre las características de

fertilidad y eficiencia alimenticia en novillas Nelore (*Bos indicus*) sometidas a IATF. Uno total de 149 novillas Nelore [$11,2 \pm 1,3$ meses de edad, peso corporal de $249,6 \pm 23,3$ kg y se utilizó la puntuación de condición corporal (BCS) = $2,8 \pm 0,03$ (escala 1-5)].

Consumo de alimento

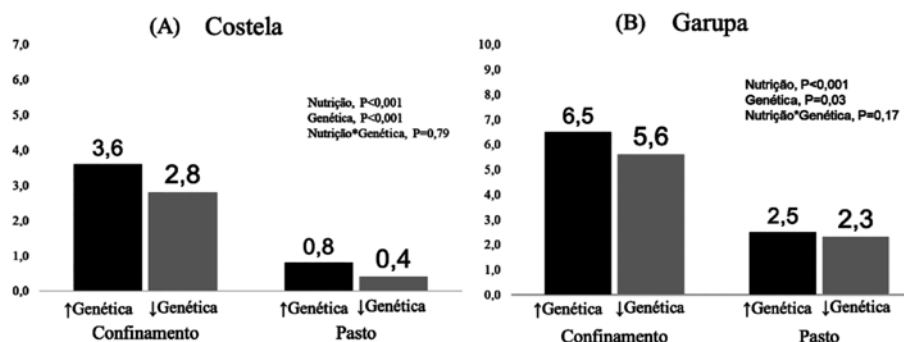
El individuo fue monitoreado utilizando el sistema de alimentación automatizado Intergado. (*Intergado®*, Brasil) durante 90 días para estimar el consumo residual de alimento (CRF). Hacia las novillas fueron sincronizadas para recibir IATF 70 días después del inicio del

confinamiento. Además, se estimó el espesor de la grasa subcutánea (RFAT) mediante ecografía de cuerpo. Al final del encierro, las novillas fueron clasificadas como bajo CAR (*buena eficiencia alimentaria*; $-1,21 \pm 0,16$ kg MS/d, $n=75$) y CAR alto ($1,47 \pm 0,08$ kg MS/d, $n=74$). Las novillas con RFI bajo expresaron menos estro que las de RFI alto [68,0% (51/75) vs. 82,4% (43/74); $P=0,01$]. Hubo una tendencia a una menor preñez debido a la IA (P/AI) en novillas de bajo CAR en el 1er IATF [CAR bajo= 50,7% (38/75) vs. CAR Alto= 59,5% (44/74); $P=0,08$] y en el 2do. IATF [CAR bajo= 19,4% (7/36) vs. CAR Alto= 36,7% (11/30); $P=0,10$]. Finalmente, el P/AI acumulado (1.º + 2.º IATF) fue 13 puntos porcentuales menor para las novillas con RFI bajo [Bajo CAR= 61,3% (46/75) vs. CAR Alto= 74,3% (55/74); $P=0,02$]. Los resultados indicaron relación negativa entre el desempeño reproductivo y la eficiencia alimenticia en novillas Nelore, que los cuales deben ser considerados en la selección genética de programas de mejoramiento ganadero.

Impacto del manejo nutricional en primíparas.

La categoría animal es uno de los factores que más impacta en las tasas de reproducción. Es sabido que en las primíparas los requerimientos nutricionales son mayores, ya que esta categoría comenzará la primera lactancia simultáneamente con el desarrollo continuo del cuerpo para alcanzar el peso adulto. Además, el estrés causado por el primer parto. Ante este escenario, la demanda nutricional no se satisface fácilmente cuando estos animales son sometidos a un extenso sistema que les proporciona baja calidad. Por tanto, una ingesta inadecuada de nutrientes en el período pre y posparto, reduce el BCS en hembras primíparas en comparación con hembras múltiples sometidas al mismo manejo nutricional (*Bellows et al., 1982; Girmard et al., 1995*).

Figura 1. A) Grosor de la grasa subcutánea (mm) entre la 12.ª y 13.ª costilla (EGS) y B) Espesor de grasa subcutánea (mm) en la grupa (EGP) en novillas Nelore según nutrición (confinamiento = 1 kg/día vs pasto = 0,3 kg/día) y selección genética para precocidad sexual (temprana vs tardía).



La nutrición inadecuada durante el pre y posparto induce un *anestro posparto* prolongado, que es la causa más importante de la baja eficiencia reproductiva (Docchio et al., 2019). Siendo así que durante el período de reducción de la disponibilidad de forraje es necesario complementar hembras en el rebaño para satisfacer la demanda y corregir deficiencias nutricionales, asegurando una fertilidad satisfactoria y una alta rentabilidad final para el productor (Ziemniczak et al. 2020). El bajo nivel de energía durante el último período de gestación reduce puntuación de condición corporal de la madre y compromete la tasa de concepción durante el período posparto (Diskin et al. 2016). En las primíparas, existe el desafío de establecer un programa nutricional para cubrir el crecimiento, la lactancia y las nuevas necesidades gestacionales (Nogueira et al., 2014). La suplementación nutricional con energía y los suplementos proteicos para novillas preñadas reducen las pérdidas durante los períodos pre y posparto y aumentan la eficiencia reproductiva (Souza et al., 2010).

Se demostró que las novillas que recibieron suplementación energética y proteica durante 210 días antes

del nacimiento hasta 90 días después del parto, redujeron el período de involución uterina en 12 días, lo que representó una reducción de 27 días en el intervalo entre nacimientos (Brasil et al., 2021). Los autores concluyen que la suplementación proteico-energética para vacas primíparas Nelore criadas en sistemas extensivos en condiciones tropicales, antes y después del nacimiento, reducen los días de involución uterina y el intervalo entre nacimientos. Los efectos de la suplementación con bloques multinutricionales (a base de melaza de caña y monensina) durante el preparto (90 días antes del nacimiento) y/o posparto (120 días después del nacimiento) sobre el desempeño reproductivo de primíparas Nelore (Catussi et al., 2021). Se observó que las hembras suplementadas en ambos o en uno de los períodos, tenían mayor espesor de grasa subcutánea, peso y BCS al inicio del protocolo de IATF que las hembras de control. Además, se observó que las vacas suplementadas con los bloques multinutricionales mostraron una mayor tasa de preñez en IATF en comparación con grupo de control (Figura 2; Catussi, 2021).

Impacto nutricional en hembras múltiparas

La capacidad de utilizar las reservas de energía del cuerpo durante períodos de equilibrio es una de las habilidades más importantes de la vaca. En general, existe la necesidad de mantener reservas de energía (*grasa corporal*) para que aporten en el metabolismo basal, crecimiento, lactancia, mantenimiento de la salud y en la función reproductiva (Wright et al., 1987; Edmonson et al., 1989). La rentabilidad de los sistemas de producción ganadera está altamente asociada con la capacidad de las vacas para reanudar la actividad ovárica poco después del parto y responder apropiadamente a los protocolos de la IATF para concebir en el primer trimestre posparto (Ayres et al., 2014). Sin embargo, dado que el rendimiento reproductivo tiene una baja heredabilidad genética, es fundamental asociar la nutrición con el manejo estratégico para que se logre buenas tasas reproductivas.

En las vacas de carne, la nutrición preparto influye directamente en la CC posparto, lo que a su vez afecta la duración del *anestro posparto* (Richards et al., 1986; Selk et al., 1988). La ovulación temprana en el posparto garantiza una mayor probabilidad de preñez después de IATF que de ovulaciones tardías. Las vacas para carne con alta CC ovulan más temprano que las vacas con baja CC (Murphy et al., 1990). Perry y cols. (1991) observaron que el crecimiento de folículos de hasta 8 mm era prácticamente inexistente en las vacas de carne alimentadas con dietas bajas en energía antes y después del parto. La baja ingesta de energía después del nacimiento también resultó en una tasa reducida de aparición de pequeños folículos (5-7,9 mm), que han persistido en el ovario durante un período prolongado, posiblemente reflejo de la falta de funcionalidad del folículo dominante.

Pfeifer et al., (2017) al evaluar la angulación de la grupa y la relación

Figura 2. Tasa de preñez en la primera IATF de madres primíparas de Nelore con diferentes estrategias de suplementación nutricional con bloques multinutricionales a base de melaza de caña de azúcar y monensina (adaptado de Catussi, 2021).

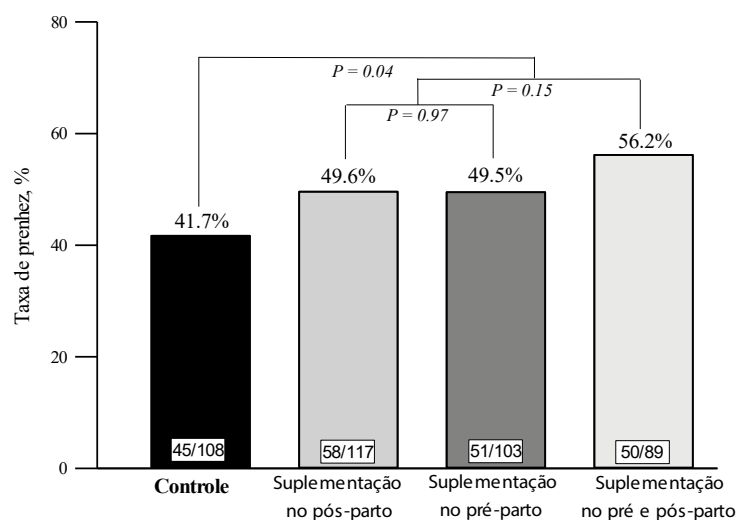
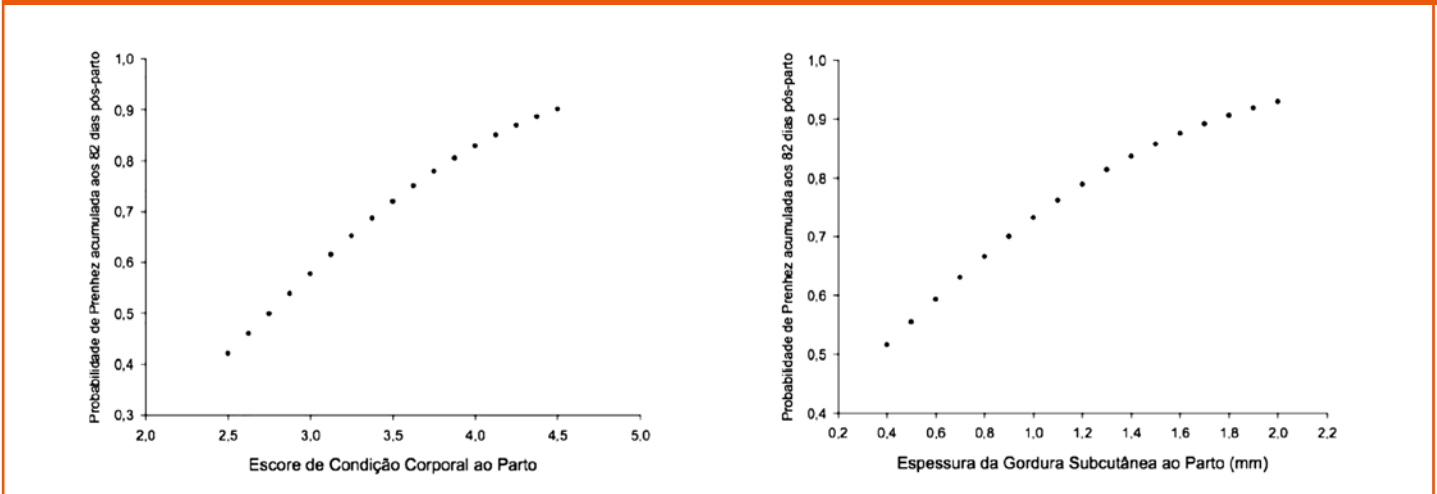


Figura 3. Probabilidad de preñez IATF de vacas Nelore en lactancia (n=266) según puntuación de condición corporal (BCS; escala de 1 a 5) al nacer (A) y según el grosor de grasa subcutánea (mm) al nacer (B). Adaptado de Ayres 2008.



con el *condition score* cuerpo en vacas Nelore, observaron que los animales con BCS adecuado desarrollaron folículo dominante con mayor diámetro y mayores tasas de preñez en comparación con vacas flacas (bajo BCS). Los autores señalaron que el estado metabólico puede haber sido alterado durante el balance energético negativo, lo que puede haber reducido calidad de los ovocitos, hecho corroborado por Leroy et al., (2005), Velázquez, (2015) y Pfeifer y cols. (2017).

Además, Sá Filho et al. (2009) observaron que la tasa de preñez se vio afectada por la ECC el día que comenzó el protocolo IATF (2,5 = 42,5%; 3,0 = 59,2%; 3,5 = 53,2%) en una escala de 1 a 5, aunque las tasas de ovulación y concepción no se vieron afectadas.

Una secuencia de estudios realizados por Ayres (2008), con el objetivo de validar la ECC y el espesor de la grasa subcutánea como herramienta de seguimiento de la condición energía en diferentes momentos (Ayres et al., 2009), señaló que la ECC en este momento del destete en vacas de carne preñadas puede influir (P=0,01) en la tasa de preñez en temporada de reproducción posterior (después del parto). El autor también encontró que el aumento en el BCS entre el destete y el parto disminuye

(P=0,05) en las pérdidas de embrazos entre los 30 y los 60 días después de la IA. Además, al comparar el ECC al comienzo del protocolo de sincronización con IATF, los autores encontraron un aumento en la probabilidad de ciclicidad con el aumento en ECC. También encontraron que la probabilidad de preñez en la IATF aumentaba en las vacas que tener mayor espesor de grasa subcutánea y BCS de 3,25 o más al nacer.

Conclusión

Se han llevado a cabo muchos estudios durante los últimos 50 años para dilucidar las relaciones entre nutrición, condición metabólica y función reproductiva en ganado vacuno. Es evidente que se debe establecer estratégicamente un manejo nutricional adecuado en propiedad para mantener a las hembras de la manada en equilibrio energético positivo, introducir programas estratégicos para corregir posibles errores en la gestión nutricional que conduzca a un balance energético negativo. En novillas jóvenes, el manejo nutricional tiene como objetivo asegurar un peso y una CC adecuados al destete y un aumento de peso diario entre 0,6 y 0,7 kg/día desde el destete hasta la pubertad. Los estudios han demostrado que las novillas deben

presentar 2 a 4 ciclos estrales antes del primer apareamiento para alcanzar la madurez sexual.

Las vacas primíparas necesitan especial atención nutricional en el tercer trimestre de gestación para garantizar BCS de 3,0 y 3,5 (escala de 1 a 5) al nacer. Un alto nivel de CC al nacer contribuye a evitar un período prolongado de *anestro posparto*, especialmente en vacas de primera clase descendientes que aún no han alcanzado el tamaño corporal adulto. La actividad del tejido adiposo, el hígado y el intestino reflejan la condición metabólica. Hormonas producidas por estos tejidos (*leptina*, *IGF1*, *grelina*) son importantes reguladores de la reproducción, tanto en el cerebro como en tejidos somáticos. La proporción de ácidos grasos (*saturados*, *monoinsaturados*, *poliinsaturado*) en el líquido folicular determina la calidad del ovocito y el desarrollo del embrión. Se requiere un equilibrio entre nutrición, condición metabólica, producción (*carne*, *leche*) y reproducción.

Los conocimientos actualmente disponibles sobre las relaciones entre nutrición, la condición metabólica y la reproducción, ofrecen la oportunidad de desarrollar nuevas estrategias de producción sin comprometer la fertilidad de las hembras de carne.