

FACTORES NUTRICIONALES QUE INTERFIEREN EN EL DESEMPEÑO REPRODUCTIVO DE LA HEMBRA BOVINA

NUTRITIONAL FACTORS INTERFERING IN THE REPRODUCTIVE PERFORMANCE OF FEMALE BOVINE

GRANJA, S. YURY TATIANA MVZ^{1*}; CERQUERA, G. JEFFERSON Est. MVZ²,
FERNANDEZ, B. OMAR.² Est. MVZ.

¹ Universidad Estadual Paulista, Maestría en Producción Animal. Jaboticabal, Sao Paulo, Brasil. ² Universidad de la Amazonia, Florencia, Caquetá, Colombia.

*Correspondencia: yurygranja@hotmail.com

Recibido: 15-08-2012; Aceptado: 21-11-2012.

Resumen

La nutrición es el principal factor que influye en el desempeño reproductivo en mamíferos. Las funciones reproductivas como ciclicidad estral y el inicio de la gestación son funciones de escasa prioridad dentro de la escala de direccionamiento de nutrientes.; Estas funciones solo serán activadas cuando la demanda de nutrientes para mantenimiento, crecimiento y reserva haya sido superada. Conocer los factores nutricionales que interfieren en la reproducción de la hembra, es de vital importancia para posibles decisiones a ser tomadas dentro de los sistemas de producción ganaderos. En esta revisión se describen conceptos generales sobre los factores nutricionales que afectan la reproducción de la hembra bovina, como los efectos de la nutrición materna sobre el desempeño de las crías, los factores nutricionales que afectan la aparición de la pubertad en las novillas y como el consumo de nutrientes y la condición corporal de las hembras interfiere en el desempeño reproductivo de las mismas.

Palabras claves: balance energético, condición corporal, consumo de nutrientes, pubertad.

Abstract

Nutrition is the main factor influencing reproductive performance in mammals. Reproductive functions as estrous cyclicity and early pregnancy are functions of low priority in addressing the scale of nutrients; These functions are only activated when the demand of nutrients for maintenance, growth and reserves have been overcome. Knowing the nutritional factors that interfere with the reproduction of the female, is of vital importance to potential decisions to be taken within livestock production systems. This review describes general concepts of nutritional factors

that affect the female bovine reproduction, as the effects of maternal nutrition on the performance of the offspring, the nutritional factors affecting the onset of puberty in heifers and as the nutrient intake and body condition of females interferes with the reproductive performance of the same.

Key words: body condition, energy balance, nutrient intake, puberty.

Introducción

Un manejo nutricional adecuado es un punto clave para el mantenimiento de la productividad en un sistema ganadero, pues influencia fuertemente los índices zootécnicos especialmente los parámetros reproductivos. Ya es de conocimiento general de los productores y técnicos la importancia de la nutrición en el desempeño productivo de rumiantes; innumerables tecnologías han sido adoptadas con el objetivo de atender las altas exigencias nutricionales desencadenadas por la intensa selección genética buscando la producción de carne y leche (PIRES *et al.*, 2011).

Para que exista competitividad y eficiencia en un sistema de producción ganadero, las vacas deben estar ciclando lo más rápido posible para conseguir alcanzar la meta básica de todo sistema de producción de bovinos de carne o doble propósito, que consiste en la producción de un becerro por vaca cada año (WALSH *et al.*, 2011). La baja eficiencia reproductiva compromete la eficiencia productiva, al aumentar los costos de producción una vez que aumenta el periodo de servicio, el intervalo entre partos y reduce la vida útil de los vientres aumentando la tasa de descarte de animales (FLAMENBAUM y GALON, 2010).

Otro parámetro reproductivo que influencia los costos de producción es el tiempo en el que los animales alcanzan la pubertad. En mamíferos el desarrollo de la pubertad es retardado cuando el crecimiento es restringido. Este parámetro está asociado al peso corporal, tasa de crecimiento, porcentaje de grasa y relación entre grasa y proteína corporal. La prioridad por nutrientes y energía varía entre los órganos y el estado fisiológico del animal (RESENDE *et al.*, 2011); Por ejemplo, durante el crecimiento el sistema nervioso tiene una alta prioridad, por el contrario el sistema reproductivo tiene una prioridad considerada baja, así una dieta deficiente en nutrientes podría perjudicar los órganos y tejidos con baja prioridad. En hembras bovinas el consumo de nutrientes en cada una de las etapas de vida puede influenciar positiva o negativamente su desempeño reproductivo. Esta revisión expone los diversos factores nutricionales que interfieren en la reproducción de la hembra bovina.

Efectos de la nutrición materna: La nutrición fetal durante la preñez tiene una función esencial en el desarrollo fetal y placentario, pero poco se sabe sobre como la nutrición materna afecta la salud y productividad de las crías (RHIND, 2004). A pesar que las exigencias nutricionales del feto son menores durante las primeras etapas de desarrollo, la nutrición materna puede influir en el desarrollo del sistema reproductivo del feto en todas las fases (Tabla 1). Influencias nutricionales y endocrinas durante el desarrollo fetal o neonatal, potencialmente, pueden influir en el desempeño reproductivo en hijos adultos, pero también hay pruebas que estos efectos pueden ser ejercidos en generaciones posteriores sobre el crecimiento fetal (LUMEY, 1992), la fertilidad (LUMMAA y CLUTTON-BROCK, 2002) y el estado endocrino (POLLARD, 1986). Es decir, la expresión de ciertos genes puede ser modificada, no sólo en la generación F1, sino también en la F2 y las generaciones siguientes.

Tabla 1. Periodos de desarrollo en ovinos, bovinos y porcinos, durante el cual la manipulación nutricional se ha aplicado, y las etapas en que se han identificado efectos sobre la estructura o la funcionalidad del sistema reproductivo. Adaptado de RHIND (2004).

Especie	Tratamiento	Periodo de aplicación del tratamiento	Efecto observado	Referencia
Humano	Desnutrición materna	Generaciones presentes	Reducción de peso de nacimiento en las crías F2.	LUMEY (1992)
Ovino	Desnutrición materna	60 días antes-30 días después de la concepción	Una mayor reducción de IGF y IGFBP en respuesta a la desnutrición en 105-115 días gestación.	GALLAHER <i>et al.</i> (1998)
Cerdos/ Bovino	Cultivo de embriones in vitro	Pre-implantación	Anormalidades en la activación de genes, de pre-implantación	HYTTEL <i>et al.</i> (2000)
Ovino	Desnutrición materna	0-8 días de gestación	Reducción en el crecimiento de embriones 8d en gestación	ABECIA <i>et al.</i> (1997)
Ovino	Desnutrición materna	0-11 días de gestación	Reducción en el crecimiento de embriones de 11 días de gestación	Rhind <i>et al.</i> (1989)
Ovino	Desnutrición materna	Varios periodos desde 0-110 días de gestación	Retraso en el desarrollo fetal del ovario a los 65 y 110 días de gestación	BORWICK <i>et al.</i> (1997); RAE <i>et al.</i> (2001)
Ovino	Hipernutrición materna/ desnutrición fetal	A lo largo de la gestación	Retraso en la pubertad en la descendencia en machos desnutridos.	Da SILVA <i>et al.</i> (2001)
Ovino	Desnutrición materna	0-95 días de gestación	Reducción en la tasa de ovulación en adultos	RAE <i>et al.</i> (2002)
Ovino	Desnutrición materna/neonatal	Finales de la gestación/neonatal	Reducción de la tasa de reproducción de los adultos.	GUNN <i>et al.</i> (1995); RHIND <i>et al.</i> (1998)

Históricamente se han realizado esfuerzos considerables para entender como la nutrición afecta la salud en la productividad durante el periodo pos-natal. El concepto de programación fetal fue originalmente desarrollado por David Baker de la Universidad de Southampton, en Inglaterra; mostrando mediante un estudio epidemiológico que el estímulo materno en el periodo de desarrollo fetal tiene un impacto a largo plazo en las crías (BARKER *et al.*, 1993; GODFREY y BARKER, 2000). Algunas de las complicaciones reportadas incluyen aumento de la mortalidad neonatal, disfunciones respiratorias e intestinales, crecimiento neonatal retardado, aumento del depósito de grasa, diferencias en el diámetro de fibras musculares y baja calidad de la carne (WU *et al.*, 2006). Trabajos publicados mostraron que el peso al nacimiento no fue afectado, mientras que el peso al destete de los becerros fue mayor en los hijos de vacas que fueron alimentadas en pasturas con suplementación proteica durante la fase final de la gestación, comparado con los crías de vacas alimentadas en pasturas sin suplementación (STALKER *et al.*, 2006; MARTIN *et al.*, 2007; LARSON *et al.*, 2008). En Fig. 1 se ilustran las fases del desarrollo fetal y las posibles complicaciones de la restricción alimentaria materna.

La nutrición materna puede influenciar el desarrollo de los tejidos reproductivos del feto. GRAZUL-BILSKA *et al.* (Datos aun no publicados) en un estudio utilizaron dos grupos de ovejas; un grupo control alimentado ad libitum y el otro solo con el 60% de las recomendaciones del NRC (2001) desde el día 50 hasta el día 135 de gestación, y observaron que los ovarios fetales de las ovejas subalimentadas con el 60% de su exigencia nutricional presentaron una baja proliferación celular en los folículos primordiales comparada con las ovejas alimentadas con el 100% de las exigencias. Esta disminución de la proliferación celular en los folículos primordiales cuando estas hembras lleguen a la pubertad puede interferir en la actividad folicular, fertilidad y en la vida reproductiva de estas hembras.

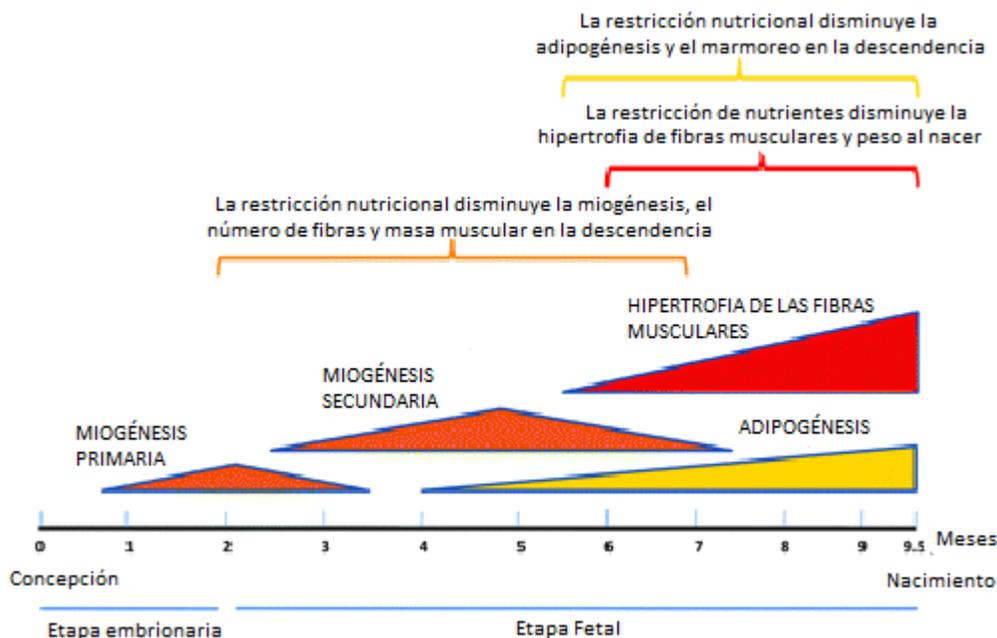


Figura 1. Efectos de la nutrición materna en el desarrollo de los tejidos muscular y adiposo fetal bovino. Adaptado de DU *et al.* (2010).

MARTIN *et al.* (2007) encontró que la suplementación proteica materna puede afectar la calidad de los oocitos o la temprana formación embrionaria, resultando en pocos becerros obtenidos en los primeros 21 días de la estación de partos. Además que las novillas nacidas de vacas alimentadas con suplementación proteica (0,45 kg/día de concentrado con 42% de proteína cruda) durante el tercio final de la gestación presentaron una tasa de preñez mayor que las de las novillas hijas de vacas que no recibieron suplementación (MARTIN *et al.*, 2007). En otro estudio similar realizado por LARSON *et al.* (2009) pocas novillas hijas de vacas no suplementadas alcanzaron la pubertad antes de la primera estación de monta, comparadas con las novillas hijas de vacas que recibieron suplementación proteica (0,45 kg/día de concentrado con 28% de proteína cruda). Adicionalmente, en ratones, cuando las madres sufrieron restricción proteica durante la gestación, las hijas presentaron atraso en alcanzar la pubertad (GUZMAN *et al.*, 2006).

Importancia de la condición corporal de las vacas gestantes La habilidad para estimar las reservas corporales de los vientres de forma rápida y precisa, relacionando este factor con la producción, reproducción, salud y bienestar animal puede ayudar a los productores a aumentar la eficiencia de sus sistemas de alimentación y producción (ROCHE *et al.*, 2009). Los métodos de evaluación de

las reservas corporales por medio de la Condición Corporal (CC), a pesar de la naturaleza subjetiva, son considerados como la única forma práctica de evaluación de reservas corporales en bovinos (RENNÓ *et al.*, 2011).

Durante el tercio final de la gestación hay un efecto de la condición corporal sobre el intervalo del primer estro pos-parto. Hembras cebuinas con CC menor de 4 (Escala 1 a 9), tienen una mayor probabilidad de presentar problemas reproductivos pos-parto. Sin embargo el manejo alimentar pos-parto no debe ser olvidado, ya que influencia directamente esa relación. Vacas con CC 6 al final de la gestación están más propensas a problemas en el pos-parto al ser alimentadas con dietas deficientes en nutrientes. Es importante resaltar que la correlación entre la condición corporal y el intervalo del primer estro pos-parto no es necesariamente una relación causa-efecto (BIEHL *et al.*, 2011).

Según EVERSOLE *et al.* (2000), existen problemas correlacionados con la baja y alta condición corporal; entre los problemas, los mayores son encontrados cuando las vacas presentan una CC por debajo de 4 (1-9), eso puede desencadenar problemas como: falta de ciclicidad, baja tasa de concepción, aumento del intervalo entre partos y aumento en la incidencia de crías debilitadas. Cuando la vaca posee una elevada CC encima de 8, los mismos autores citan además de los problemas semejantes a la baja CC, el elevado costo de mantenimiento de esas vacas en el rebaño. Una baja tasa de concepción es un factor importante en la reducción de becerros; en vacas cuando la CC está por debajo de 4 la tasa de concepción es drásticamente comprometida. EVERSOLE *et al.* (2000) mostraron el impacto causado por la tasa de preñez, la CC y la suma de estos dos factores sobre los costos anuales de una vaca. Los autores observaron tasas de preñez de 50, 81, 88 y 90% en vacas con condición corporal 4, 5, 6 y 7, respectivamente. Asumiendo que el gasto medio de mantener una vaca en los Estados Unidos, en el estado de Virginia donde fue realizado ese estudio es cerca de 300 US\$ por año, que la media de peso al destete es de 250 kg con una natalidad del 90%; los costos de producción por becerro destete por año fueron de US\$ 133,33 en vacas con CC 4, US\$ 82,3 para vacas con CC 5, US\$75,76 en vacas 6 y cuando la CC es de 7 al parto el costo de producción cae a US\$ 74,07. Económicamente la CC posee efectos sobre el costo final de los becerros, ejerciendo diferencias significativas en la margen de lucro y en el porcentaje de becerros por año. Según Biehl *et al.* (2011) es recomendable que los vientres tengan una media de condición corporal entre 5 a 7 puntos, en una escala de 1 a 9.

WILTBANK (1983) realizó un estudio con vacas paridas, donde evaluó el efecto de la CC al parto sobre el retorno a la ciclicidad, constatando que más del 80% de

vacas con CC igual o mayor a 4 (escala de 1-9), estaban ciclando a los 80 días pos-parto. En otro estudio realizado por BUTLER y SMITH (1989) fue demostrado que la pérdida severa de la CC pos-parto afecta negativamente la tasa de concepción en el primer servicio; Vacas que presentaron pérdida de la CC menor que 0,5 puntos durante las primeras cinco semanas pos-parto, presentaron una tasa de concepción en el primer servicio de 60% comparada con la tasa de concepción de 53% y 17% para las vacas que perdieron de 0,5 a 1,0 puntos de condición corporal respectivamente. BRITT (1992) agrupo vacas con baja y alta CC entre la 1^a a la 5^a semana pos-parto; los dos grupos no presentaron diferencias en la secreción de progesterona plasmática, durante los primeros dos ciclos, sin embargo el grupo de vacas con baja CC produjo menos progesterona durante el tercer, cuarto y quinto ciclo estral. Este autor sugiere que la función del cuerpo lúteo parece estar más relacionada a la CC existente durante el desarrollo inicial del folículo ovulatorio, que a las condiciones cercanas al periodo de ovulación.

Factores nutricionales que afectan la edad en la pubertad de novillas: La edad en que ocurre la primera cobertura e la concepción son determinantes primarios de la productividad de las novillas, y el tiempo en el que las novillas alcanzan la pubertad es el principal factor que determina la competencia de la hembra en su primera estación de monta. La edad en que las novillas llegan a la pubertad varia, depende de muchos factores que incluyen genética, peso corporal, nutrición y manejo (DAY *et al.*, 2010). Desde el punto de vista práctico, la pubertad en la hembra bovina es el punto final de una serie de eventos que resulta en una ovulación acompañada del estro y una función lútea normal (MORAN *et al.*, 1989). La edad a la pubertad varía entre las razas, y dentro de linajes y familias, según ABEYGUNAWARDENA y DEMATAWEWA (2004) las novillas *Bos indicus* no alcanzan la pubertad con menos del 60% de su peso adulto, en comparación con novillas *Bos taurus* tanto las de aptitud lechera como las de carne pueden llegar a la pubertad con 30 a 50% del peso corporal adulto.

Como recomendación general se tiene que las novillas alcancen el 65% del peso corporal adulto en el inicio de su primera estación de monta (FOX *et al.*, 1988; PATTERSON *et al.*, 2000). En un estudio realizado por SMITH *et al.* (1976) fue reportado que la edad y el peso corporal a la pubertad tienen una correlación positiva, con un coeficiente de $0,67 \pm 0,24$ lo que no es sorpresa, considerándose la influencia que tanto la edad como el peso ejercen sobre la pubertad.

Fue demostrado por WILTBANK *et al.* (1979), que la suplementación con concentrado para 200 días antes del inicio de la primera estación de monta, con el

objetivo de alcanzar un peso corporal mayor antes de la primera monta, resulta en mejores tasas de estro y preñez en los primeros 20 días de cobertura. Con el propósito de evaluar el efecto de dos planos de nutrición (100% y 150% de los requerimientos del NRC (1988) sobre el crecimiento y aparición de la pubertad, ROMERO *et al.* (1995) utilizaron 36 novillas confirmaron que el nivel de alimentación resultó ser el factor principal que afectó el crecimiento de las novillas. Las novillas alimentadas con el 150% de los requerimientos de la NRC (1988), presentaron aumentos significativos en la ganancia diaria de peso, el peso a la pubertad y se redujo significativamente la edad en la que alcanzaron la pubertad, comparadas con las novillas alimentadas con el 100% de los requerimientos. Sin embargo, al utilizar suplementos alimenticios para auxiliar el crecimiento y la ganancia de peso, se debe tener en cuenta el costo final de producción de las novillas. FUNSTON y DEUTSCHER (2004) relataron que reducir el peso final en las novillas puede resultar en oportunidades de reducción de costos de producción, sin perjudicar la reproducción.

La mayoría de los estudios realizados hasta hoy encuentran efecto de la ganancia de peso pos-destete sobre la pubertad. En estudios realizados por QUINTANS *et al.* (2004) y QUINTANS *et al.* (2007), fue demostrado que cuando la ganancia de peso aumenta en novillas durante el periodo pos-destete se anticipa la edad en alcanzar la pubertad. En diversos experimentos, cuando la ganancia de peso pos-destete fue variada en terneras, el desempeño reproductivo fue comprometido (LYNCH *et al.*, 1997; FREETLY *et al.*, 2001). Por lo tanto, existe la sugerencia de que hay espacio para la variación en la velocidad y el tiempo de la ganancia de peso corporal de novillas desde el destete hasta la pubertad; esto representaría la posibilidad de optimizar los recursos de suplementación y reducir los costos para la generación de novillas de reemplazo.

Además del peso y la edad, la genética también contribuye significativamente en la aparición de la pubertad. Es considerado que una novilla alcanza un peso adecuado para la reproducción cuando alcanza el 60 a 65% del peso adulto. Novillas taurinas (Angus, Hereford, Limousin, etc) alcanzan la pubertad con el 60% del peso adulto; novillas taurinas de razas doble propósito (Pardo suizo) con el 55% y novillas cebuinas con el 65% del peso adulto (HESS, 2003).

Consumo de nutrientes: Los factores nutricionales de mayor impacto en la reproducción están relacionados principalmente al consumo adecuado y al balance de energía, vitaminas, minerales y proteínas. En la tabla 2 se presentan algunos de los problemas reproductivos relacionados al desbalance de nutrientes en hembras bovinas. La partición de nutrientes dentro del organismo sigue un

orden preferencial: Metabolismo basal, actividad o trabajo, crecimiento, reserva de energía básica, gestación, lactación, reserva de energía adicional, ciclo estral e inicio de gestación y reserva de energía en exceso (PIRES *et al.*, 2011).

Los efectos de la nutrición sobre la reproducción han sido extensivamente examinados usándose la energía como variable. El consumo insuficiente de energía está relacionado al pobre desempeño reproductivo, resultando en un periodo prolongado de anestro pos-parto, baja producción de progesterona por el cuerpo lúteo y baja tasa de concepción. La energía es el factor limitante para las vacas en periodo de transición (LUCY, 2003); sin embargo el aumento en la densidad energética de las dietas puede ser más complicado, ya que si una vaca no está consumiendo materia seca suficiente para suplir las necesidades energéticas del metabolismo basal, producción y reproducción, la densidad energética solo puede ser aumentada si no compromete la salud del animal (BIEHL *et al.*, 2011), ya que el consumo elevado de concentrado puede ocasionar acidosis y/o disminución en el consumo de materia seca (GRANJA *et al.*, 2012).

Tabla 2. Anormalidades reproductivas relacionadas al desbalance de nutrientes en hembras bovinas. Adaptado de BEARDEN y FUQUAY (2000).

Nutriente	Desbalance	Anormalidad reproductiva
Energía	Deficiencia	Baja tasa de concepción, distocia, retención de placenta.
	Exceso	Atraso de la pubertad, supresión de la ovulación y anestro
Proteína	Deficiencia	Anestro, baja tasa de concepción, reabsorción fetal, parto prematuro, nacimiento de terneros con bajo peso.
	Exceso	Baja tasa de concepción.
Vitamina A	Deficiencia	Anestro, baja tasa de concepción, aborto, nacimiento de terneros con bajo peso o muertos, retención de placenta.
Vitamina D	Deficiencia	Malformaciones del esqueleto, viabilidad reducida del feto.
Vitamina E	Deficiencia	Retención de placenta, infección uterina.
Calcio	Deficiencia	Malformaciones del esqueleto, viabilidad reducida del feto.
Fosforo	Deficiencia	Anestro, estro irregular.
Yodo	Deficiencia	Crecimiento fetal anormal, estro irregular, retención de placenta.
Selenio	Deficiencia	Retención de placenta.

La tasa de preñes en vacas y novillas es afectada por el consumo de energía antes y después del parto. El consumo inadecuado de energía al final de la gestación disminuye la tasa de preñez incluso cuando el consumo energético pos-parto es adecuado (PIRES *et al.*, 2011). El cálculo de la energía necesaria para el metabolismo basal y la producción, comparado con la energía consumida muestra que después del parto, las vacas entran en un balance energético negativo (BEN). El medio por el cual el balance energético afecta el desempeño reproductivo aun no ha sido establecido; la necesidad de energía del ovario es relativamente menor que la necesidad para el metabolismo basal y la producción de leche,

consecuentemente probablemente el BEN no afecta directamente la función ovárica. Fue demostrado por IMAKAWA *et al.* (1987) que el BEN influencia el sistema endocrino el cual regula función ovárica, al inhibir el desarrollo de los pulsos de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) y de la hormona luteinizante (LH) necesarias para la reactivación ovárica.

El crecimiento folicular está relacionado al balance energético, estudios demostraron que el ovario responde a los cambios en el balance energético; las vacas en el periodo de BEN presentan mayor cantidad de folículos pequeños y pocos folículos grandes (≥ 10 mm de diámetro). Cuando las vacas salen del BEN la cantidad de folículos pequeños disminuye y aumenta el número de folículos grandes. Estos estudios también determinaron que el aumento en el balance energético está relacionado positivamente con la amplitud de los pulsos de LH y el diámetro de los folículos (LUCY *et al.*, 1991a, 1991b).

Existe una relación positiva entre el nivel sanguíneo de progesterona 12 días antes del primer servicio y la tasa de concepción del primer servicio; en un estudio realizado por FONSECA *et al.* (1983) por cada ng/mL que aumento la progesterona durante la última mitad del ciclo estral antes del primer servicio, la tasa de concepción aumento 12%. Adicionalmente, por cada kg de peso corporal ganado durante los primeros 28 días antes del primer servicio, el nivel de progesterona aumento 0,3 ng/mL. Consecuentemente las vacas que ganaron peso durante el mes anterior al primer servicio presentaron valores de progesterona más altos que las vacas que perdieron peso.

Consideraciones finales: El estado nutricional da la hembra bovina influencia decisivamente el desempeño reproductivo y la productividad de un sistema ganadero. Sin embargo el mecanismo por el cual los factores nutricionales actúan sobre la reproducción es un tema complejo y puede ser transformado en un enigma ya que los controladores nutricionales sobre la reproducción pueden ser mediados por nutrientes, metabolitos y hormonas.

Podemos atribuir un desempeño reproductivo deficiente al consumo insatisfactorio y/o excesivo de energía, proteína y minerales. Los daños causados por la deficiencia de nutrientes son mucho mayores que los efectos tóxicos causados por los excesos. Recientes estudios apuntan que la deficiencia nutricional durante el último tercio de la gestación, interfiere en el desempeño productivo y reproductivo de sus crías. Actualmente estudios mostraron que la nutrición pre-parto es más importante que la pos-parto y puede interferir en la programación del feto y consecuentemente alterar el desempeño productivo y reproductivo de la cría.

La evaluación de la condición corporal es un método simple y eficaz de evaluar el estado nutricional del animal. Para prevenir problemas durante el proceso reproductivo, debe existir la preocupación de mantener la vaca siempre en una condición corporal adecuada al periodo en el que ella se encuentra.

Referencias

- ABECIA, J.A.; LOZANO, J.M.; FORCADA, F.; ZARAZAGA, L. 1997. Effect of level of dietary energy and protein on embryo survival and progesterone production on day 8 of pregnancy in Rasa Aragonesa ewes. *Anim. Reprod. Sci.* 48: 209–218.
- ABEYGUNAWARDENA H.; DEMATAWEWA, C.M.B. 2004. Pre-pubertal and postpartum anestrus in tropical Zebu cattle. *Animal Reproduction Science* 82 (83):373– 387.
- BARKER, D.J.P.; MARTYN, C.N.; OSMOND, D.; HALES, C.N.; FALL, C.H.D. 1993. Growth in utero and serum cholesterol concentration in adult life. *British Medical Journal* 307:1524-1527.
- BEARDEN, H.J.; FUQUAY, J.W. 2000. *Applied animal reproduction*. 5th ed. Nueva Jersey, USA.
- BIEHL, M.V.; PIRES, A.V.; CRUPPE, L.H.; NEPOMUCENO, D.D.; ROCHA, F.M.; FERREIRA, E.M. 2011. Manejo nutricional para maximização da eficiência reprodutiva em fêmeas zebuínas. Pág. 335-364, 2011. En: CHIZZOTTI, M.L.; LADERA, M.M.; NETO, O.M.; LOPES, L.S.; CARVALHO, J.R.; OLIVEIRA, D.M.; ALVES, M.L. (Eds). VII Simpósio de Pecuária de Corte e II International Symposium of Beef Cattle., LAVRAS-MG, Brasil.
- BORWICK, S.C.; RHIND, S.M.; MCMILLEN, S.R.; RACEY, P.A. 1997. Effect of undernutrition of ewes from the time of mating on fetal development in mid gestation. *Reproduction, fertility, and development* 9:711–715.
- BRITT, J.H. 1992. Impacts of early postpartum metabolism on follicular development and fertility. *Bovine Proceedings* 24:39-43.
- BUTLER, W. R.; SMITH, R. D. 1989. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 72:767-783.
- DA SILVA, P.; AITKEN, R.P.; RHIND, S.M.; RACEY, P.A.; WALLACE, J.M. 2001. Influence of placentally mediated fetal growth restriction on the onset of puberty in male and female lambs. *Reproduction* 122: 375–383.
- DAY, M.L.; GASSER, C.L.; GRUM, D.E.; PIRES, A.V. 2010. Fatores que afetam a idade na puberdade em novilhas de corte. Pág. 637-652, En: *Bovinocultura de Corte*. Alexandre Vaz Pires (1^o edição), FEALQ- Piracicaba-SP, Brasil.

FLAMENBAUM I, GALON N. 2010. Management of heat stress to improve fertility dairy cows in Israel. *Journal Reproduction Development* 56 Suppl:S36-41.

FONSECA, F.A.; BRITT, J.H.; McDANIEL, B.T. 1983. Reproductive traits of Holsteins and Jerseys. Effects of age, milk yield, and clinical abnormalities on involution of cervix and uterus, ovulation, estrous cycles, detection of estrus, conception rate, and days open. *Journal of Dairy Science* 66:1128-1147.

FOX, D.G.; SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D. 1988. Adjusting nutrient requirements of beef cattle for animal and environmental variations. *Journal of Animal Science* 66:1475-1495.

FREETLY, H.; FERRELL, C.; JENKINS, T. 2001. Production performance of beef cows raised on three different nutritionally controlled heifer development programs. *Journal of Animal Science* 79: 819-826.

FUNSTON, R.N.; DEUTSCHER, G.H. 2004. Comparison of target breeding weight and breeding date for replacement beef heifers and effects on subsequent reproduction and calf performance. *Journal of Animal Science* 82:3094.

GALLAHER, B.W.; BREIER, B.H.; KEVEN, C.L.; HARDING, J.E.; GLUCKMAN, P.D. 1998. Fetal programming of insulin-like growth factor (IGF)-1 and IGF-binding protein-3: evidence for an altered response to undernutrition in late gestation following exposure to preconceptual undernutrition in the sheep. *Journal of Endocrinology* 159:501–508.

GODFREY, K.M.; BARKER, D.J.P. 2000. Fetal nutrition and adult disease. *American Journal of Clinical Nutrition*. 71:1344S-1352S.

GRANJA, S.Y.T.; RIBEIRO, J.C.; TORO, G.D.; RIVERA, C.L.; MACHADO, M.; MANRIQUE, A.A. 2012. Acidosis ruminal en bovinos lecheros: implicaciones sobre la producción y la salud animal. *Revista electrónica de Veterinaria*, 13(4):1-11. Disponible en: URL: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n040412/041210.pdf>. Consultado el 13 de Julio de 2012.

GRAZUL-BILSKA, A.T.; BOROWCZYK, E.; BILSKI, J.J.; REYNOLDS, L.P.; REDMER, D.A.; CATON, J.S.; VONNAHME, K.A. En imprenta. *Overfeeding and underfeeding have detrimental effects on oocyte quality measured by in vitro fertilization and early embryonic development in sheep*. *Domestic Animal Endocrinology*.

GUNN, R.G.; SIM, D.; HUNTER, E.A. 1995. Effects of nutrition in utero and in early life on the subsequent lifetime reproductive performance of Scottish Blackface ewes in two management systems. *Journal of Animal Science* 60: 223–230.

GUZMAN, C.; CABRERA, G.; CARDENAS, M.; LARREA, F.; NATHANIELSZ, P.W.; ZAMBRANO, E. 2006. Protein restriction during fetal and neonatal development in the rat alters reproductive function and accelerates reproductive ageing in female progeny. *Journal of Physiology* 572:97-108.

HESS, W.B. 2003. Supplementing fat to the cow herd. Proceedings, The Range Beef Symposium XVIII. December 9 to 11, 2003. Mitchell, Nebraska. USA.

HYTTEL, P.; LAURINCIK, J.; VIUFF, D.; FAIR, T.; ZAKHARTCHENKO, V.; ROSENKRANZ, C.; AVERY, B.; RATH, D.; NIEMANN, H.; THOMSEN, P.D.; SCHELLANDER, K.; CALLESEN, H.; WOLF, E.; OCHS, R.L.; GREVE, T. 2000. Activation of ribosomal RNA genes in pre-implantation cattle and swine embryos. *Animal Reproduction Science* 60: 49–60.

IMAKAWA, K.; DAY, M.L.; ZALESSKY, D.D.; CLUTTER, A.; KITOK, R.J.; KINDER, J.E. 1987. Effects of 17 beta-estradiol and diets varying in energy on secretion of luteinizing hormone in beef heifers. *Journal of Animal Science* 64:805.

LARSON, D. M.; MARTIN, J. L.; ADAMS, D. C.; FUNSTON, R. N. 2009. Winter Grazing System and Supplementation During Late Gestation Influence Performance of Beef Cows and Steer Progeny. *Journal of Animal Science* 87:1147–1155.

LINCH, J.; LAMB, B.; MILLER, R.; BRANDT, R.; COCHRAN, R.; MINTON, J. 1997. Influence of timing of gain on growth and reproductive performance of beef replacement heifers. *Journal of Animal Science* 75: 1715-1722.

LUCY, M.C. 2003. Mechanisms linking nutrition and reproduction in postpartum cows. *Reproduction Suppl.* 61:415-427.

LUCY, M.C.; STAPLES, C.R.; MICHEL, F.M.; THATCHER, W.W. 1991a. Energy balance and size and number of ovarian follicles detected by ultrasonography in early postpartum dairy cows. *Journal of Animal Science* 74:473.

LUCY, M.C.; STAPLES, C.R.; MICHEL, F.M.; THATCHER, W.W.; BOLT, D.J. 1991b. Effect of feeding calcium soaps to early postpartum dairy cows on plasma prostaglandin F2 alpha, luteinizing hormone, and follicular growth. *Journal of Dairy Science* 74:483.

LUMEY, L.H., 1992. Decreased birthweights in infants after maternal in utero exposure to the Dutch famine of 1944–1945. *Paediatric Perinatal Epidemiology* 6:240–253.

LUMMAA, V.; CLUTTON-BROCK, T. 2002. Early development, survival and reproduction in humans. *Trends Ecology Evolution* 17:141–147.

MORAN, C.; QUIRKE, J.F. 1989. Puberty in heifers: a review. *Animal Reproduction Science* 18:167-182.

N.R.C. 1988. National Research Council. Dairy Cattle. Sixth ed. (6). National Academy of Press. Washington, DC. U.S.A.

PATTERSON, D. J.; WOOD, S. L.; RANDLE, R. F. 2000. Procedures that support reproductive management of replacement beef heifers. Proc. Am.Soc. Anim. Sci., 1999. Disponible en: URL: <http://www.asas.org/jas/symposia/proceedings/0902.pdf> Consultado: 11 de Julio de 2012.

PIRES, A.V.; RIBEIRO, C.V.; MENDES, C.Q. 2011. Aspectos nutricionais relacionados à reprodução. Págs. 537-563 En: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, V.A.; DE OLIVEIRA, S.M. Nutrição de ruminantes (2ª edição), Jaboticabal: FUNEP.

POLLARD, I. 1986. Prenatal stress effects over two generations in rats. Journal of Endocrinology 109: 239–244.

QUINTANS, G.; BARRETO, S.; NEGRÍN, D.; AYALA, W. 2007. Efecto de la tasa de ganancia invernal en el inicio de la pubertad de terneras de biotipos carniceros en pastoreo. APPA - ALPA - Cusco, Perú, 2007. Disponible en: URL: http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/cria/106-Quintans-Pubertad.pdf. Consultado el 15 de Julio, 2012.

QUINTANS, G.; STRAUMANN, J. M.; AYALA, W.; VAZQUEZ, A. I. 2004. Effect of winter management on the onset of puberty in beef heifers under grazing conditions. 15th International Congress on Animal Reproduction. 2004. Abstracts 22.

RAE, M.T.; PALASSIO, S.; KYLE, C.E.; BROOKS, A.N.; LEA, R.G.; MILLER, D.W., RHIND, S.M., 2001. Maternal undernutrition during pregnancy retards early ovarian development and subsequent follicular development in fetal sheep. Reproduction 122: 915–922.

RAE, M.T.; RHIND, S.M., FOWLER, P.A.; MILLER, D.W.; BROOKS, A.N., 2002. Effect of maternal undernutrition on fetal testicular steroidogenesis during the CNS androgen-responsive period in male sheep fetuses. Reproduction 124: 33–39.

RENNÓ, F.P.; BARLETTA, R.V.; FREITAS, J.E.; GANDRA, J.R.; VERDUCIO, L.C.; BETTERO, V.P.; MINGOTI, R.D.; CALOMENI, G.D.; GARDINAL, R. 2011. Escore de condição corporal e sua relação com a produtividade, saúde e bem estar de vacas em lactação. Págs. 335-370. En: MARCONDES, M.I.; VELOSO, C.M.; GUIMARÃES, J.D.; ANDRADE, F.L.; PRADOS, L.F.; AMORIM, S.L.; FERNANDES, L.S.; MACHADO, M.G.; CARDOSO, W.L. III Simpósio Nacional De Bovinocultura Leiteira e I Simpósio Internacional de Bovinocultura Leiteira, VIÇOSA-MG, 2011. **Anais...** UFV/DVUFV/DZUFV, Viçosa, Brasil.

RESENDE, K.T.; TEIXEIRA, I.A.M.A.; FERNANDES, M.H. 2010. Metabolismo de energia. Págs. 323-344 en: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, V.A.; DE OLIVEIRA, S.M. Nutrição de ruminantes (2ª edição), Jaboticabal: FUNEP. Brasil.

RHIND, S.M. 2004. Effects of maternal nutrition on fetal and neonatal reproductive development and function. *Animal Reproduction Science* 83: 169–181.

RHIND, S.M., MCKELVEY, W.A.C., McMillen, S.R., GUNN, R.G., ELSTON, D.A. 1989. Effect of restricted food intake, before and/or after mating, on the reproductive performance of greyface ewes. *Animal Production* 48: 149–155.

RHIND, S.M.; MCMILLEN, S.R.; DUFF, E.; HIRST, D.; WRIGHT, S. 1998. Seasonality of meal patterns and hormonal correlates in red deer. *Physiology Behavior* 65: 295–302.

ROCHE, J.R.; FRIGGENS, N.C.; KAY, J.K.; FISHER, M.W.; STAFFORD, K.J.; BERRY, D.P. 2009. Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *Journal of Dairy Science* 92:5769-5801.

ROMERO, B.M.; ARAUJO, F.O.; GOICOCHEA, L.J.; ESPARZA, B.D. 1995. Efecto del plano de nutrición y del predominio racial sobre el crecimiento y aparición de la pubertad en novillas mestizas. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*: 12: 233-246, Disponible en: URL: http://www.revfacagronluz.org.ve/v12_2/v122z010.html Consultado: 12 de Julio de 2012.

SMITH, G.M.; FITZHUGH Jr, H.A.; CUNDIFF, L.V.; CARTWRIGHT, T.C.; GREGORY, K.E. 1976. A genetic analysis of maturing patterns in straightbred and crossbred Hereford, Angus and Shorthorn cattle. *Journal of Animal Science* 43(2): 389-395.

STALKER, L.A.; ADAMS, D. C.; KLOPFENSTEIN, V.; FEUZ, D.M.; FUNSTON, R.N. 2006. Effects of pre- and postpartum nutrition on reproduction in spring calving cows and calf feedlot performance. *Journal of Animal Science* 84:2582-2589.

WALSH SW, WILLIAMS EJ, EVANS AC. 2011. A review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows. *Animal Reproduction Science* 123(3-4):127-38.

WILTBANK, J. N; KASSON, C.W.; INGALLS, J.E. 1979. Puberty in crossbred and straightbred beef heifers on two levels of feed. *Journal of Animal Science* 29:602-605.

WILTBANK, J.N. 1983. Maintenance of a high level of reproductive performance in the beef cow herd. *Veterinary Clinics of North America. Large Animal Practice* 5(1):41-57.

WU, G.; BAZER, F.W.; WALLACE, J.M.; SPENCER, T.E. 2006. Board invited review. Intrauterine growth retardation: implications for the animal sciences *Journal of Animal Science* 84:2316-2337.