

Efecto de la restricción en el consumo de energía sobre parámetros sanguíneos y pubertad en cabrillonas

Effect of energy intake restriction on blood profiles and onset of puberty in does

Cufre¹, G., Chaves, M., Godio, L., Vazquez, M.I.,
Forchetti, O. y Martínez, R.A.

Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de restricción en el consumo energético sobre la ganancia de peso, concentración sérica de IGF-I, metabolitos sanguíneos, desenlace de pubertad, duración del primer ciclo estral, eficiencia de utilización del alimento e índice de crecimiento relativo, en cabrillonas Anglo Nubian. Dieciseis cabrillonas prepúberes de seis meses de edad y $16,08 \pm 1,4$ kg de peso promedio fueron asignadas al azar a dos grupos: consumo a voluntad (GCV) y consumo restringido (GCR) al 80% de GCV. La alimentación fue en base a heno de alfalfa picado (80%) y grano de maíz molido (20%), la mezcla proveyó una concentración energética (CE) de 2,3 Mcal EM/kgMS y 18% de proteína bruta (PB). El consumo de materia seca difirió entre tratamientos siendo superior ($p < 0,001$) en GCV ($665,6 \pm 4,2$ vs. $515,0 \pm 4,1$ g/d para GCV y GCR, respectivamente). La restricción moderada en el consumo a mediano plazo, impuesta en el presente ensayo, provocó una disminución en la ganancia de peso promedio ($p < 0,05$) en GCR ($49,7 \pm 7,7$ vs. $75,6 \pm 12$ g/d en GCR y GCV, respectivamente). La restricción energética afectó los valores medios de glucemia, que fueron significativamente mayores ($p < 0,02$) en GCV. La concentración de IGF-I en plasma fue menor ($p < 0,05$) en las cabrillonas restringidas energéticamente. La pubertad se presentó en un alto porcentaje de hembras en ambos tratamientos (7/8 y 6/8 cabrillonas en GCV y GCR respectivamente), aunque, la edad media del desenlace de la pubertad fue 20 días mayor ($p < 0,03$) en el grupo restringido ($289,1 \pm 14,7$ vs. $269,7 \pm 20$ días en GCR y GCV, respectivamente). El estado metabólico y hormonal alcanzado, si bien difirió, estuvo en los rangos compatibles con la normalidad y en un contexto de un limitado número de animales, no comprometería el desenlace de pubertad.

Palabras clave: cabrillonas, pubertad, restricción energética, perfiles sanguíneos.

Summary

The aim of the experiment was to evaluate the effect of energy intake restriction on liveweight gain, IGF-I serum concentration, blood metabolites, puberty onset, estrus cycle length, feed efficiency and relative growth rate in Anglo Nubian does. Sixteen prepuber does 6 month old and 16.08 ± 1.4 kg were assigned to two groups: *ad libitum* intake (GCV) and restricted (GCR) to 80% of GCV. Feed were composed with alfalfa hay chopped (80%) and ground corn (20%). Energy was 2.3 Mcal/kgDM and CP 18%. Dry matter intake was higher ($p < 0.001$) in GCV (665.6 ± 4.2 vs. 515.0 ± 4.1 g/d in GCV and GCR, respectively). Moderate restriction reduced live weight gain

Recibido:

Aceptado:

1. Fac.Agron. y Vet., UNRC. glenardon@ayv.unrc.edu.ar

($p < 0.05$) in GCR (49.7 ± 7.7 vs 75.6 ± 12 g/d en GCR y GCV, respectively) and lower glicemia values ($p < 0.02$). Age at puberty were different ($p < 0.03$). Restricted does were 20 days older at puberty (269.7 ± 20 vs 289.1 ± 14.7 days in GCV y GCR, respectively). IGF-I serum concentration were lower ($p < 0.05$) in restricted does. No effect on puberty onset was observed since 7/8 and 6/8 does had its first estrus cycle. The metabolic status although different, within the confines of limited animal numbers seems to be permissive to onset of puberty.

Key words: does, puberty, energy restriction, blood profiles.

Introducción

La maduración sexual involucra la activación del eje hipotálamo-hipofiso-gonadal, proceso que concluye con la ovulación de un ovocito viable (Knobil y Neill, 1994; Chemineau y Delgadillo, 1994; Rhind, 1991). Si bien esta transición ocurre a una edad determinada genéticamente, variables de otra naturaleza tales como nutrición, fotoperíodo, peso vivo y adiposidad, entre otras, pueden modificar la edad en la cual ocurre la pubertad (Kinder et al., 1995; Hall et al., 1995; Morello et al., 1996).

El plano nutricional y la composición dietaria modulan la concentración de hormonas, factores de crecimiento y metabolitos sanguíneos (l'Anson et al., 1991). Estas variables pueden utilizarse para estimar el estado nutricional y evaluar el destino metabólico de los componentes dietarios (Randel, 1992), lo que permite diagnosticar la movilización de tejido adiposo y el catabolismo proteico durante el estrés nutricional.

Aumentando la proporción de grano en la dieta se modifica la relación propionato:acetato (C3:C2) (Susin et al., 1995); el propionato es el principal substrato gluconeogénico y un 90% o más del mismo puede ser metabolizado por esta vía (Hawkins et al., 2000). El efecto de esa relación sobre la reproducción se le atribuye a una mayor disponibilidad de glucosa; proporciones elevadas de C3:C2 se asocian a una inducción en la liberación de la hormona luteinizante (Schillo, 1992).

El factor de crecimiento denominado homólogo de insulina tipo I (IGF-I), es un polipéptido que actúa en forma endócrina. Esta proteína está relacionada con el crecimiento (Lacau-Mengido et al., 2000) y se la vincula

con el desarrollo somático y la regulación de la secreción de gonadotrofinas (Hiney et al., 1996). Los valores del IGF-I aumentan durante el proceso puberal en vacunos, su función sería acelerar la madurez somática y sexual (Lacau-Mengido, et al., 2000).

Otra consideración, se refiere al aumento en la eficiencia de utilización del alimento, que puede lograrse al restringir moderadamente el consumo. Los rumiantes, en particular, poseen habilidad para adaptarse a períodos de fluctuaciones en la disponibilidad de alimento, mediante cambios digestivos y metabólicos (Chilliard et al., 1998). Es de interés establecer los límites de tal adaptación, comprobando el mínimo consumo de energía compatible con una adecuada eficiencia reproductiva, lo que implicaría un apreciable ahorro de alimento.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de una la restricción en el consumo energético sobre la ganancia de peso, concentración sérica de IGF-I, metabolitos sanguíneos, desenlace de pubertad, duración del primer ciclo estral, eficiencia de utilización del alimento e índice de crecimiento relativo, en cabrillonas Anglo Nubian.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en las instalaciones de la UNRC, bajo condiciones de fotoperíodo natural.

Animales y alimentación: Dieciséis cabrillonas prepúberes de seis meses de edad y $16,08 \pm 1,4$ kg de peso promedio fueron desparasitadas y acostumbradas a las condiciones del ensayo durante 20 días, siendo luego asignadas al

azar a dos grupos: GCV= consumo a voluntad y GCR= consumo restringido al 80% de GCV. El suministro para cada día se basó en los registros previos de 2 días anteriores. El nivel de los rechazos fue controlado para minimizar la selección de la dieta. La alimentación fue en base a heno de alfalfa picado (80%) y grano de maíz molido (20%), (Cuadro 1). La mezcla proveyó una concentración energética (CE) de 2,3 Mcal/kgMS y 18% de proteína bruta (PB). En GCR se adicionó urea para igualar el consumo de PB de ambos grupos. El núcleo mineral vitamínico (comercial) se suministró manualmente vía oral a cada animal en forma diaria. El alimento se ofreció diariamente en jaulas individuales desde las 8 a las 16 horas a fin de controlar el consumo diario, permaneciendo los animales libres el resto del tiempo, con acceso a agua, y para desarrollar comportamiento reproductivo e interacción social.

A intervalos semanales se determinó el peso vivo previo al suministro del alimento, con un desbaste de 16 horas.

Muestras de alimentos y rechazos de cada animal fueron secados a 100 °C en estufa de aire forzado para determinar consumo de materia seca. La PB se determinó por análisis de macro Kjeldahl (AOAC, 1984).

Metabolitos: Una vez por semana se extrajo sangre por venipunción de la vena yugular, para determinar ácidos grasos no esterificados (AGNE), glucemia y nitrógeno ureico

sanguíneo (NUS). La glucemia se determinó mediante un equipo comercial (Glucemia enzimática AA, Wiener lab.); los AGNE por equipo colorimétrico (Randox Laboratories) y el NUS con equipo comercial para urea cinética AA (Wiener lab.).

Hormona esteroidea: Las concentraciones sanguíneas de Progesterona (P_4) se determinaron por radioinmunoensayo (RIA) (COAT-A-COUNT, DPC). Las muestras de sangre se obtuvieron por venipunción de la yugular dos veces por semana. Se centrifugaron a 3.000 rpm durante 20 min y se almacenaron a -20°C hasta su determinación. El límite de sensibilidad del ensayo fue de 0,10 ng/ml.

Factor de crecimiento: Una vez por mes se extrajo sangre para determinar la concentraciones de IGF-I, por medio de un ELISA (Diagnostic Systems Laboratories®) enzimáticamente amplificado en dos pasos; sueros pre-tratados con solución disociativa ácida y proteína amortiguadora para liberar el IGF-I de las proteínas de unión. La sensibilidad del método fue de 0,03 ng/ml.

Pubertad: La detección de celos se realizó dos veces por día (mañana y tarde durante 45 min en cada ocasión) con un macho adulto vasectomizado. Cuando la hembra manifestó reflejo de quietud ante la monta del macho, se consideró celo.

Cuadro 1: Composición porcentual de las dietas (base seca).

Table 1: Diet composition (dry basis).

Componente	GCV (%)	GCR (%)
Grano de maíz molido	19,92	19,52
Alfalfa, heno	79,68	78,06
Urea	-	1,90
Minerales y Vitaminas	0,40	0,52

Se consideró pubertad cuando una hembra presentó estro y la concentración de progesterona superó 1 ng ml^{-1} en dos muestras consecutivas (Rivera et al., 2003). El primer ciclo estral fue clasificado según su duración en normal (16-27 días), corto (<16 días) y largo (>27 días), (Morello et al., 1996).

Índices de eficiencia: La ganancia de peso durante el experimento se definió como el coeficiente de la regresión lineal del peso vivo (kg) en el tiempo. El consumo total por animal como la sumatoria de los consumos diarios durante el ensayo. El consumo medio de energía se calculó ponderando el consumo total por la CE de la dieta dividido los días en ensayo. El crecimiento relativo se calculó como la ganancia media de peso (g)/peso vivo medio (kg) y la eficiencia de conversión como la ganancia de peso (g)/kg MS consumida (Nkrumah et al., 2004).

Análisis estadístico: Las diferencias en consumo, peso vivo, ganancia de peso, concentraciones sanguíneas de metabolitos, caracteres de eficiencia y edad a la pubertad entre grupos, se evaluaron por comparación de medias con el Test de Student. La proporción de animales que alcanzó la pubertad en cada grupo se comparó mediante un Test de Chi-cuadrado (Snedecor y Cochran, 1975).

Resultados

El consumo de materia seca difirió entre tratamientos siendo superior ($p < 0,001$) en GCV ($665,6 \pm 4,2$ vs $515,0 \pm 4,1$ g/d para GCV y GCR, respectivamente). El consumo de energía, dada la semejanza de las dietas, siguió la misma tendencia, difiriendo ($p < 0,001$) en forma similar. La restricción moderada en el consumo a mediano plazo, impuesta en el presente ensayo, provocó una disminución en la ganancia de peso promedio ($p < 0,05$) en GCR ($49,7 \pm 7,7$ vs $75,6 \pm 12$ g/d en GCR y GCV, respectivamente). Consecuentemente, los pesos finales alcanzados difirieron entre

tratamientos ($p < 0,05$), al finalizar el ensayo fueron de $23,03 \pm 1,2$ kg en GCV y $20,29 \pm 1,0$ kg en GCR. La restricción energética afectó negativamente ($p < 0,05$) los valores de eficiencia de uso del alimento ($96,1 \pm 14$ vs $112,3 \pm 18,2$ g GPV/kgMS en GCR y GCV, respectivamente). El grupo no restringido presentó mayor ($p < 0,05$) crecimiento relativo que el restringido ($3,86 \pm 0,65$ vs $2,78 \pm 0,56$ g d^{-1} kgPV $^{-1}$ en GCV y GCR respectivamente), (Cuadro 2).

La restricción energética afectó los valores medios de glucemia, que fueron significativamente mayores ($p < 0,02$) en GCV (Cuadro 3).

Las concentraciones medias de AGNE en plasma estuvieron influenciadas por el tratamiento y fueron mayores ($p < 0,02$) en GCR ($0,239 \pm 0,03$ vs $0,178 \pm 0,02$ mmol/litro para GCR y GCV, respectivamente).

La concentración de IGF-I en plasma fue menor ($p < 0,05$) en las cabrillonas restringidas energéticamente. Se observó un incremento de IGF-I en relación con el peso vivo de los animales. Las regresiones lineales que se ajustan a los valores de IGF-I determinados en GCV y GCR se observan en la Figura 1. A medida que aumentó el peso vivo, aumentaron los valores de IGF-I en ambos grupos. En los animales restringidos se observa una tendencia a mayor incremento de IGF-I por unidad de peso vivo, pero la diferencia en la pendiente no alcanzó significancia.

Con respecto al NUS, no difirió ($p > 0,05$) en los niveles de consumo evaluados.

No se observaron diferencias significativas entre grupos, en la proporción de cabrillonas que alcanzaron la pubertad (7/8 y 6/8 cabrillonas en GCV y GCR, respectivamente), (Cuadro 4). Sin embargo, la edad media del deslance de la pubertad fue 20 días mayor ($p < 0,03$) en el grupo restringido ($269,7 \pm 20,0$ vs $289,1 \pm 14,7$ días en GCV y GCR, respectivamente). La distribución de longitud de los ciclos en las hembras se observa en el Cuadro 4. Un 83% de los animales restringidos presentó ciclo normal en comparación al 71% en los GCV.

Cuadro 2: Consumo, peso vivo final, ganancia de peso, eficiencia y tasa de crecimiento relativo medios, desvíos y niveles de significación.

Table 2: Intake, live weight, rate of gain, efficiency and relative growth rate.

Variables en estudio	Tratamientos		Efecto
	GCV	GCR	
Consumo de materia seca (g/d)	665,6 ± 4,2	515,0 ± 4,1	***
Consumo de energía (kcal/día)	2130 ± 128	1648 ± 131	***
Peso vivo final (kg)	23,03 ± 1,2	20,29 ± 10,0	*
Ganancia diaria de peso vivo (g/d)	75,6 ± 12,0	49,7 ± 7,7	*
Eficiencia (gGPV/kg MS)	112,3 ± 18,2	96,1 ± 14,9	*
Crecimiento relativo /g d ⁻¹ kg PV ⁻¹)	3,86 ± 0,65	2,78 ± 0,56	*

*** (p<0,001); * (p<0,05)

Cuadro 3: Metabolitos sanguíneos y factor homólogo de insulina medios, desvíos y niveles de significación.

Table 3: Effect of restricted intake on blood metabolites and IGF-I.

Variables	Tratamientos		Efecto
	GCV	GCR	
Glucemia (g/litro)	0,52 ± 0,03	0,48 ± 0,02	**
AGNE (mmol/litro)	0,178 ± 0,02	0,239 ± 0,03	**
IGF-I (ng/ml)	164,0 ± 60,3	125,1 ± 58,0	*
NUS (mg/dl)	19,6 ± 1,08	19,6 ± 1,7	NS

** (p<0,01); * (p<0,05); NS (p>0,05).

Discusión

El consumo fue medido individualmente durante 91 días. Las cabrillonas no restringidas tuvieron un mayor consumo de energía y, como consecuencia, crecieron a una tasa superior, que provocó una diferencia de peso promedio de 2,74 kg entre los dos tratamientos al final del período experimental.

La restricción representó una disminución del 22,62% en el consumo, con respecto al potencial para la dieta suministrada, e implicó un ahorro de 13,704 kg de MS por animal. La eficiencia fue inferior en el tratamiento restringido, evidenciando que el nivel de

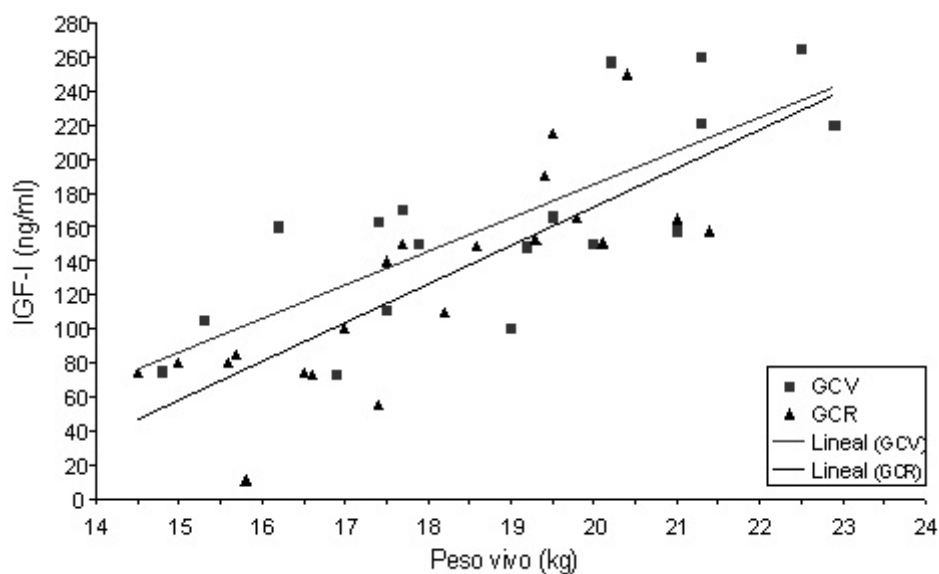
restricción empleado no permitió a los animales compensar el menor consumo de energía con una mayor eficiencia digestiva, como lo sugieren otros autores. Murphy y Loerch (1994) determinaron un aumento de la eficiencia del alimento cuando la restricción implicó una reducción del 20% del consumo potencial, en dietas con 90% de inclusión de concentrados energéticos. En esa situación es posible suponer que aumenta la digestibilidad debido a una mayor degradabilidad por mayor tiempo de retención de las partículas del alimento en el rumen, como lo indican (Chilliard et al., 1998). Como consecuencia se reducen las

Cuadro 4: Proporción de animales que alcanzaron la pubertad, edad media a la pubertad y duración de ciclo estral.

Table 4: Effect of restricted intake on reproductive performance.

Variables reproductivas	Tratamientos		Efecto
	GCV	GCR	
Animales que alcanzaron la pubertad (%)	7/8 (87,5%)	6/8 (75,0%)	NS
Edad a la pubertad (días)	269,7 ± 20,0	289,1 ± 14,7	*
Duración del 1 ^{er} ciclo estral:			
Corto	2/7 (28,57%)	1/6 (16,66%)	
Normal	5/7 (71,42%)	5/6 (83,33%)	NS
Largo	0/7	0/6	

NS ($p > 0,05$); * ($p < 0,03$)



$$Y_{GCV} = 19,70 \text{ PV(kg)} - 208,78; R^2 = 0,603; Y_{GCR} = 22,79 \text{ PV(kg)} - 283,84; R^2 = 0,641$$

Figura 1: Concentración sérica de factor homólogo de insulina tipo I (ng/ml) vs. peso vivo (kg) en grupo con consumo voluntario (GCV) y grupo restringido (GCR).

Figure 1: Serum concentration of insulin like growth factor I (ng/ml) vs. body weight (kg) in ad libitum intake group (GCV) and restricted group (GCR).

pérdidas fecales de materia seca y energía, especialmente en dietas ricas en concentrados (Ferrel et al., 2001), se reduce el costo de mantenimiento y el tejido magro constituye una mayor proporción en la ganancia de peso (Murphy y Loerch, 1994). El nivel de inclusión de concentrado en el presente ensayo fue de sólo un 20%, lo que explicaría las diferencias.

Un factor que puede contrarrestar la mayor eficiencia digestiva es la mayor pérdida de calor por unidad de peso vivo en los individuos de menor tamaño, debido a la mayor relación entre superficie y volumen corporal (I'anson et al., 1991). Dicha tendencia se invierte en el período puberal, que se caracteriza por la transición del eje IGF, de promoción del crecimiento a regulación de la homeostasis metabólica (Oldham et al., 1999).

La concentración de IGF-I en plasma estuvo positivamente asociada con el mayor consumo de energía. Si bien la composición de la dieta fue similar en ambos grupos, difirió la cantidad de energía ingerida, afectando negativamente la concentración del IGF-I en las cabrillonas restringidas. Estos resultados se contraponen a lo hallado por Hall et al. (1995), quienes no encontraron diferencias en la concentración de IGF-I en vaquillonas con ganancias de peso de 0,6 y 1 kg/d. En el presente ensayo la ganancia lograda en las cabrillonas restringidas correspondió a un 66% de la lograda por las que consumían a voluntad.

Los componentes del sistema IGF-I pueden modular los procesos reproductivos (Snyder et al., 1999). Vaquillonas alimentadas con heno de baja calidad presentaron una menor concentración plasmática de IGF-I y un retraso en el desenlace de la pubertad en comparación a vaquillonas suplementadas con granos (Granger et al., 1989). Según lo expresado por Oldham et al. (1996) la disminución de IGF-I favorecería la homeostasis metabólica a expensas del crecimiento celular. Aunque los niveles de restricción usados no son comparables en magnitud a otros trabajos, se

puede hipotetizar que tal regulación se efectuaría también a niveles menores de restricción.

En coincidencia con lo demostrado por otros autores (Yelich et al., 1995; Lacau-Mengido et al., 2000) las concentraciones de IGF-I estuvieron relacionadas al peso vivo; en las cabrillonas restringidas los valores de IGF-I presentaron una tendencia a un mayor incremento por unidad de peso (Figura 1).

El consumo de proteína fue similar entre grupos, en consecuencia no afectó al valor del NUS, como se evidenció en las concentraciones sanguíneas determinadas, aunque la relación proteína carbohidratos no estructurales se modificó por una disminución en la ingestión y la adición de urea para garantizar un consumo similar de proteína. El valor del NUS refleja la variación de amoníaco en rumen y el exceso, o relación impropia de aminoácidos absorbidos en intestino, son condiciones que aumentan la síntesis de urea (Knaus et al., 2001).

La mayor tasa de ganancia de peso en las cabrillonas GCV estuvo asociada con una menor concentración de AGNE. El aumento en las concentraciones de AGNE es indicio de un balance energético negativo y de la liberación de ácidos grasos provenientes del adipocito, que ahorran otros metabolitos de la oxidación, permitiendo su uso para procesos alternativos, tal como síntesis de glucosa (Freetly y Ferrell, 2000). Aunque los valores difirieron estuvieron, en todos los casos, por debajo de 0,200 mmol/litro, valor hallado en cabrillonas que manifestaron la pubertad consumiendo dietas de 2,6 Mcal EM/kg MS (Cufré, resultados no publicados). Los niveles sanguíneos de glucosa fueron levemente inferiores y, según lo anteriormente expresado, se produjo una mayor movilización de reservas en los animales GCR; estas diferencias, si bien existen están dentro de los rangos normales y no parecen impactar negativamente el desenlace de la pubertad, pero si

determinan un aumento en la edad de las hembras al momento de su ocurrencia.

La pubertad es un proceso dinámico controlado por numerosos factores (Yelich, et al. 1995; Morello et al., 1996), por lo que se usó el desenlace para comparar integralmente el efecto del tratamiento. La misma se presentó en un porcentaje elevado de hembras en ambos tratamientos. Si bien el estado metabólico y hormonal alcanzado difirió, estuvo en los rangos compatibles con el desenlace de pubertad en un porcentaje elevado de hembras, siempre en un contexto de un número reducido de animales experimentales. La edad a la pubertad fue 20 días mayor en los animales con ganancias moderadas, resultado coincidente con Hall et al (1995), que encontraron una diferencia de 42 días en la manifestación de la pubertad en vaquillonas con ganancias de 0,6 y 1,0 kg/d.

Conclusiones

Como conclusión se puede inferir que sería posible realizar una reducción en el plano energético, en dietas que incluyan en su constitución un porcentaje de hidratos de carbono de fácil fermentación, permitiendo un crecimiento moderado y un nivel de metabolitos y hormonas compatibles con el desenlace de la pubertad en cabrillonas, lo cual implicaría un considerable ahorro de alimento.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó con el apoyo de SECYT-UNRC y FONCYT

Bibliografía

- AOAC. 1984. Official methods of analysis. 14th ed. Association of Official Analytical Method, Arlington VA.
- Chemineau, P. y Delgadillo, J.A. 1994. Neuroendocrinologie de la reproduction chez le caprins. INRA Prod. Anim. 7:315-326.
- Chilliard, Y., Bocquier, F. and Doreau, M. 1998. Digestive and metabolic adaptations of ruminants to undernutrition, and consequences on reproduction. *Reprod. Nutr. Dev.* 38:131-152.
- Ferrel, C.L., Freetly, H.C., Goetsch, A.L. and Kreikemeier, K.K. 2001. The effect of dietary nitrogen and protein on feed intake, nutrient digestibility, and nitrogen flux across the portal-drained viscera and liver of sheep consuming high concentrated diets *ad libitum*. *J. Anim. Sci.* 79:1322-1328.
- Freetly, H.C. and Ferrell, C.L. 2000. Net flux of nonesterified fatty acids, cholesterol, triacylglycerol, and glycerol across the portal-drained viscera and liver of pregnant ewes. *J. Anim. Sci.* 78:1380-1388.
- Granger, A.L., Wyatt, W.E., Graig, W.M., Thomson, D.L. and Hembry, F.G. 1989. Effects of breed and wintering diet on growth, puberty and plasma concentration of growth hormone and insulin-like growth factor I in heifers. *Domest. Anim. Endocrinol.* 6:253-264.
- Hall, J.B., Staigmiller, R.B., Bellows, R.A., Short, R.E., Moseley, W.M. and Bellows, S.E. 1995. Body composition and metabolic profiles associate with puberty in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 73:3409-3420.
- Hawkins, D.E., Petersen, M.K., Thomas, M.G., Sawyer, J.E. and Waterman, R.C. 2000. Can beef heifers and young postpartum cows be physiologically and nutritionally manipulated to optimize reproductive efficiency? *Proc. American Soc. Anim. Sci.* 1999, 10 p.
- Hiney, J.K., Srivastava, V., Nyberg, C.L. and Dees, W.L. 1996. Insulin like growth factor I of peripheral origin on acts centrally to accelerate the initiation of female puberty. *Endocrinol.* 137:3717-3728.
- I'Anson, D.L., Foster, G.R., Foxcroft, G.R. and Booth, P.J. 1991. Nutrition and reproduction. *Oxford Review of Reproduc. Biol.* 13:241-310.
- Kinder, J.E., Bergfeld, G.M., Wehrman, M.E., Peters, K.E. and Kojima, F.N. 1995. Endocrine basis for puberty in heifers and ewes. *J. Reprod. Fertil.* 49:393-407.
- Knaus, W.F., Beerman, D.H., Guiroy, P.J., Bohem, M.L. and Fox, D. 2001. Optimization of rate and efficiency of dietary nitrogen utilization though use of animal by-products and/or their effects on nutrient digestion in Holstein steers. *J. Anim. Sci.* 79:558-564.

- Knobil, E. and Neill, J.D. Eds. 1994. *The Physiology of Reproduction*. 2nd Ed. Raven Press.
- Lacau-Mengido, I.M., Mejía, M.E., Díaz Torga, G.S., Gonzalez Iglesia, A. Formía, N., Libertum, C. and Becú Villalobos, D. 2000. Endocrine studies in ivermectine-treated heifers from birth to puberty. *J. Anim. Sci.* 78:817-824.
- Morello, H.B., Alanis, G., Bosch, R. and Rivera, G. 1996. Timing of puberty in spring and autumn born native criollo goats in Argentina. *Biology of Reproduction* 54 (Suppl. 1):179-183.
- Murphy, T.A. and Loerch, S.C. 1994. Effects of restricted of growing steers on performance, carcass characteristics and composition. *J. Anim. Sci.* 72:2497-2507.
- Nkrumah, J.D., Basarab, J.A., Price, M.A., Okine, E.K., Ammoura, A., Guercio, S. and Hansen, C. 2004. Different measures of energetic efficiency and their phenotypic relationships with growth, feed intake, and ultrasound and carcass merit in hybrid cattle. *J. Anim. Sci.* 82:2451-2459.
- Oldham, J.M., Martyn, A.K., HUA, K.M., Mac Donald, N.A., Hodgkinson, S.C. and Bass, J.J. 1999. Nutritional regulation of IGF-II, but not IGF-I is age dependent in sheep. *J. Endocrinology*. 163:395-402.
- Oldham, J.M., Martyn, J.A., Kirk, S.P., Napier, J.R. and Bass, J.J. 1997. Regulation of type I insulin growth factor (IGF-I) receptors and IGF-I mRNA by age and nutrition in ovine skeletal muscles. *J. Endocrinology* 148:337-346.
- Randel, R.D. 1992. Effect of nutrition on reproduction in beef cattle. *Proceedings, 27 th Annual Pacific North West Animal Nutrition Conference*. Spokane, WA
- Rhind, S.M. 1991. Nutrition: its effects on reproductive performance and its hormonal control in female sheep goats in goat nutrition. Ed. Morand Fehr, prepared under auspices of FAO.
- Rivera, G.M., Alanis, G.A., Chaves, M.A., Ferrero, S.B. and Morello, H.H. 2003. Seasonality of estrus and ovulation in Creole goats of Argentina. *Small Ruminant Reserch* 48:1090-1117.
- Snedecor, G.W. and Cochran, W.G. 1975. *Métodos Estadísticos*. Cía. Ed.Continent. México 22. D.F
- Schillo, K.K. 1992. Effects of dietary energy control of luteinizing hormone secretion in cattle and sheep. *J. Anim. Sci.* 70:1271-1282.
- Snyder, J.L., Clapper, J.A., Roberts, A.J., Sanson, D.W., Hamernik, D.L. and Moss, G.E. 1999. Insulin-like growth factor I, insulin-like growth factor-binding proteins, and gonadotropins in the hypothalamic-pituitary axis and serum of nutrient-restricted ewes. *Biology of Reproduction* 61:219-224.
- Susin, I., Loerch, S.C., McClure, K.E. and DAY, M.L. 1995. Effects of limit feeding a high-grain diet on puberty and reproductive performance of ewes. *J. Anim Sci.* 1995: 3206-3215
- Yelich, J.V., Wetermann, R.P., Dolezal, H.G. and Lubsby, K.S. 1995. Effects of growth rate on carcass composition and lipid partitioning at puberty and growth hormone, insulin-like growth factor I, insulin, and metabolites before puberty in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 73:2390-2405.