

Calf Notes.com

Calf Note 177 – La interacción del plano de nutrición e inmunidad en terneros jóvenes de leche: una revisión

Introducción

La interacción entre la nutrición y la inmunidad de los terneros está bien establecida y más allá del debate. Una nutrición adecuada tiene una influencia positiva en el sistema inmunológico y, a menudo, en la salud de los terneros. Una nutrición inadecuada, pero particularmente la desnutrición proteica/calórica, puede afectar la inmunidad y predisponer a las terneras a enfermedades. Una pregunta que se hace a menudo es si hay un beneficio al aumentar la cantidad de nutrientes (es decir, el plano de nutrición) que se alimenta a la respuesta inmunológica de los terneros. Si algunos nutrientes son buenos, ¿más nutrientes son mejores? ¿Un “plano superior” de nutrición haría que los terneros fueran más resistentes a las enfermedades y los hiciera crecer mejor?

Bueno, la respuesta a esta pregunta es un “no necesariamente” calificado. Aunque se pueden hacer afirmaciones en artículos de prensa populares y campañas publicitarias, los datos de la investigación sugieren una respuesta mucho más compleja a la pregunta. Esta revisión resumirá algunas de las investigaciones recientes publicadas sobre el plano de la nutrición y la inmunidad para brindar una respuesta más completa.

Es importante comprender que hay muchas "partes" en el sistema inmunitario y que ninguna prueba de laboratorio o animal puede evaluar el estado general de la inmunidad de manera integral. Por lo general, los investigadores evalúan un componente de la respuesta inmunitaria (p. ej., la respuesta a una vacuna o la capacidad de las células inmunitarias para matar patógenos en cultivo) en función de las pruebas que se pueden realizar en el laboratorio. Diferentes investigadores pueden utilizar diferentes pruebas; por lo tanto, a veces es difícil extrapolar a la respuesta general del animal. Además, muchos estudios de investigación evalúan las respuestas generales de salud animal, es decir, la supervivencia, la incidencia de enfermedades, los puntajes de salud, etc. muchos factores no nutricionales que pueden afectar la salud animal, por lo que a menudo se necesita una gran cantidad de animales.

Inmunidad en o por debajo de la ingesta de mantenimiento

El nivel de ingesta de mantenimiento, particularmente la ingesta de energía de mantenimiento, parece ser un umbral importante para la inmunidad. Es decir, cuando los terneros se alimentan por debajo de la ingesta de mantenimiento, la respuesta inmunitaria se ve afectada. Definimos ingesta de energía de mantenimiento cantidad de energía (calorías) requerida por el animal para mantener su peso corporal actual (**BW**). Por supuesto, los terneros jóvenes están tratando no solo de mantener su BW, sino también de crecer. Por lo tanto, normalmente alimentamos a los terneros con más energía que la ingesta de energía de mantenimiento. Sin embargo, cuando los becerros son alimentados con cantidades limitadas de sustituto de leche para becerros (**CMR**; p. ej., 454 g/d, de 1 lb/d), particularmente en climas fríos, es posible que no les proporcionemos suficientes calorías

para cumplir con su requerimiento de energía de mantenimiento. En estas situaciones, los terneros perderán peso corporal y su sistema inmunológico se deprimirá.

Hay varios estudios que sugieren que la ingesta inadecuada de energía metabolizable (**EM**) puede afectar la respuesta inmune. Por ejemplo, Godden et al. (2005) informaron que los terneros alimentados con leche entera pasteurizada tenían tasas de tratamiento y mortalidad notablemente más bajas en comparación con los terneros alimentados con cantidades similares de CMR, particularmente en invierno (Tabla 1).

En un informe muy publicitado de la Universidad de Cornell, Ollivett et al. (2012) informaron que los terneros alimentados con un alto nivel de nutrición respondieron mejor a un desafío oral de *Cryptosporidium parvum* que los terneros alimentados con “nutrición convencional”. Los terneros alimentados con el programa convencional recibieron 0,49 kg de 20/20 CMR por día (para proporcionar 0,13 Mcal ME/kg BW^{0,75}) hasta el día 21, mientras que los terneros de alto nivel recibieron 0,85 a 1,11 kg de 28/20 CMR por día (para proporcionar 0.23 a 0.30 Mcal ME/kg BW^{0.75} hasta los días 1-7 y 8-21, respectivamente). No se alimentó iniciador de terneros a los terneros. Bajo estas condiciones, los terneros alimentados con el programa “convencional” perdieron un promedio de 48 g de PC/día y los terneros alimentados con un alto nivel de nutrición ganaron 433 g de PC por día.

Hubo poco efecto de la dieta en los puntajes de salud, lo que sugirió que el desafío criptosporidial fue insuficiente para causar una morbilidad o mortalidad severa. Los terneros alimentados con el nivel alto de nutrición mostraron mejores respuestas de linfocitos y un menor cambio en el

volumen de células empaquetadas (una indicación de deshidratación) que los terneros convencionales. Por otro lado, más terneros en el nivel alto de nutrición rechazaron al menos algún CMR durante el estudio (64 % de los terneros rechazaron al menos una comida) en comparación con el programa convencional (11 % de los terneros).

La consideración importante en ambos estudios es que los terneros alimentados “convencionalmente”

fueron alimentados por debajo de su consumo de energía de mantenimiento. La mayor morbilidad y mortalidad en el estudio de Godden et al. (2005) ocurrió en los meses de invierno. Los terneros de control recibieron 454 g de CMR/día (1 lb), lo que cumpliría con los requisitos de mantenimiento y permitiría que un ternero ganara alrededor de 250 g (alrededor de ½ lb) por día. Aunque la cantidad de CMR aumentó en climas fríos, el aumento probablemente fue insuficiente para cubrir el mantenimiento del aumento por debajo de aproximadamente 5 °C. Dado que a menudo hace menos de 5 °C en el invierno en Minnesota (incluso en un establo de invernadero), los terneros alimentados con la dieta CMR probablemente fueron alimentados por debajo de los niveles de energía de mantenimiento durante al menos una parte de sus vidas. Desafortunadamente, no se informaron las tasas de crecimiento en verano e invierno. Debido a que la leche entera pasteurizada contiene más EM y proteína que CMR, los terneros alimentados con la dieta de leche sufrieron menos desnutrición y menos depresión de la inmunidad. Las observaciones de Godden et

Tabla 1. Efecto de la alimentación con CMR o leche entera pasteurizada sobre la morbilidad y mortalidad de los terneros.

Ítem	CMR	WPM	P
Morbilidad, %			
General	32.1	12.1	0.01
Invierno	52.4	20.4	0.01
Verano	12.7	4.4	0.02
Mortalidad, %			
General	11.6	2.2	0.01
Invierno	21.0	2.8	0.01
Verano	2.7	1.7	NS

Fuente: Godden et al., 2005.

al. (2005) son similares a los de Williams et al. (1981), quienes informaron un aumento de la mortalidad en terneros alimentados con 0,3 a 0,4 kg de CMR al día.

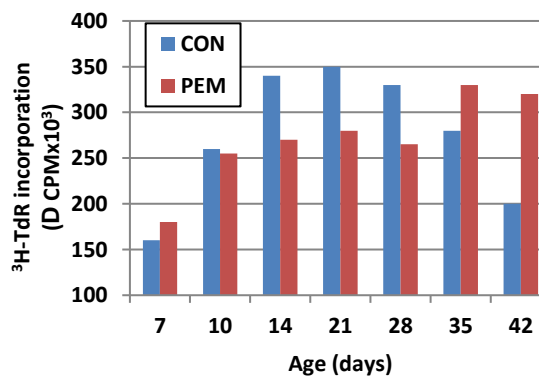
Se ha demostrado que la alimentación por debajo del consumo de proteínas y energía de mantenimiento afecta numerosos aspectos de la respuesta inmunitaria del animal. Por ejemplo, Griebel et al. (1987) encontraron que las células inmunitarias extraídas de terneros alimentados con dietas limitadas en proteínas y energía eran menos capaces de responder al desafío con un antígeno (concanavalina A; Figura 1). Sin embargo, cuando se cambió a los terneros del nivel bajo de nutrición a uno similar a los terneros de control, la capacidad de los linfocitos para responder al desafío aumentó dentro de los siete días a aquellos en o por encima de los niveles previos al tratamiento. Por lo tanto, parece que revertir la privación de nutrientes puede no tener efectos duraderos en la respuesta inmunitaria del ternero, al menos en términos de blastogénesis de linfocitos.

La desnutrición proteica y energética es, desafortunadamente, una condición humana común. Hay muchos estudios disponibles que documentan el efecto depresivo de la desnutrición sobre la inmunidad (para una buena revisión, ver Chandra, 1997). El consenso en la literatura científica es que la desnutrición proteica y (o) calórica deteriora la inmunidad, particularmente en niños y ancianos. Que se observaran resultados similares en terneros alimentados por debajo del nivel de mantenimiento no debería sorprender. La desnutrición deteriora la inmunidad. Alimentar a los terneros con energía insuficiente, particularmente durante el clima frío, afecta la inmunidad. Por lo tanto, para la salud adecuada de los terneros, es esencial que se proporcione una nutrición adecuada.

Inmunidad por encima del mantenimiento

¿Existe un beneficio adicional para la respuesta inmunológica cuando se alimenta a los terneros con un “plano” de nutrición mucho más alto? Esta teoría ha sido probada por varios investigadores en los últimos años. La recomendación de que los terneros sean alimentados con mayores cantidades de EM y proteína (a menudo, hasta 1 kg de un sustituto de leche para terneros con 28 % PC) para aumentar el crecimiento suele ir acompañada de afirmaciones de que dichos programas de alimentación también mejoran la salud.

Figura 1. Respuesta de los linfocitos circulantes a una provocación in vitro con concanavalina A a distintas edades.



Fuente: Griebel et al., 1987.

Desde el punto de vista de la salud integral del animal, pocos datos respaldan la idea de que los nutrientes adicionales mejoran la salud de los terneros. Por ejemplo, los datos de Davis-Rincker (2011) informaron que alimentar a los terneros con CMR adicional (los terneros CON se alimentaron con un CMR 20/20 al 1,2 % del peso corporal y los terneros INT se alimentaron con un CMR 30/15 al 2,1 % del peso corporal) no tuvo efecto de los días con fiebre o días tratados con antibióticos en comparación con los terneros control (Cuadro 2). Sin embargo, los días con diarrea y puntajes fecales fueron peores cuando los terneros fueron alimentados con el programa intensificado.

En otro estudio, Hengst et al. (2012) informaron que los terneros alimentados con un programa de alimentación CMR

intensificado tenían una mayor incidencia de diarrea y más problemas respiratorios en comparación con los terneros alimentados con un programa de alimentación "estándar" (Tabla 3). No hubo efecto del programa de alimentación sobre la capacidad del animal para producir anticuerpos específicos cuando se vacunaron con ovoalbúmina. Algunos defensores de la alimentación intensiva sugieren que la alimentación de nutrientes adicionales muy por encima de los niveles de mantenimiento puede mejorar la capacidad del animal para producir anticuerpos cuando se vacuna o se expone a un patógeno. Sin embargo, en este estudio, la falta de efecto del plano de nutrición sobre la respuesta a la vacunación sugiere que esto es poco probable.

El aumento de las puntuaciones respiratorias es una observación interesante que ha sido observada por otros autores (p. ej., Nonnecke et al, 2003). Hengst et al. (2012) escribió: *"Los puntajes respiratorios también tendieron a ser más altos para los terneros INT durante la semana 5 (P = 0.09). Nonnecke et al. (2003) encontraron de manera similar que los terneros alimentados con un programa intensivo de alimentación con sustitutos de la leche habían aumentado las puntuaciones respiratorias en comparación con un programa convencional. A lo largo de su período de observación, las puntuaciones respiratorias fueron de 1,55 para los terneros alimentados con un programa intensificado en comparación con 1,10 en los terneros de control. Tanto el presente estudio como el de Nonnecke et al. (2003) indican que el aumento de las tasas de alimentación con sustitutos de la leche aumenta las medidas de dificultad respiratoria"*.

También se observan comúnmente puntajes fecales aumentados en terneros alimentados con programas de alimentación intensificada. Los defensores afirman que las heces más líquidas no son

Table 2. Health measures in calves fed conventional or intensified feeding programs preweaning.

Item	CON	INT	SE	P
Serum IgG, g/L	26.6	25.5	0.9	NS
Days with fever	1.18	1.25	0.22	NS
Fecal score ¹	3.01	3.21	0.07	0.03
Days with diarrhea	2.79	4.04	0.29	0.01
Days treated	2.38	2.73	0.62	NS
No. heifers at calving	33	34

¹Score of 1 = normal to 5 = watery.

Source: Davis Rincker et al., 2011.

Tabla 3. Efecto del programa de alimentación con leche intensificada (INT) versus un programa estándar (CON) sobre los índices de salud predestete.

Ítem	CON	INT	SE	P
Puntaje respiratorio ¹	1.01	1.05	0.01	0.05
Puntuación fecal ²	1.65	1.74	0.15	0.02
Anti-OVA IgG, log ₁₀ OD	0.26	0.30	0.03	NS

Puntuación de 1 = normal a 6 = fiebre.

² Puntuación de 1 = normal a 5 = destete.

Fuente: Hengst et al., 2012.

indicativas de mala salud ni de infección neonatal; más bien es simplemente una respuesta a los nutrientes adicionales presentados al ternero. Posiblemente, los terneros alimentados con raciones intensificadas tienen menor digestibilidad proporcional y, en consecuencia, excretan más nutrientes de naturaleza más líquida.

Otros investigadores (p. ej., Osario et al., 2013) no informaron el mismo aumento en las puntuaciones respiratorias. Esto puede estar relacionado con las horas de muestreo, los métodos utilizados y la cantidad de estrés respiratorio al que estuvieron expuestos los animales.

Un ejemplo final de la respuesta al aumento de la nutrición antes del destete es de Cowles et al (2006). Los terneros en este estudio fueron alimentados con CMR convencional (562 g/d de CMR 20/20) o CMR intensificado (712 a 1358 g/d de CMR 28/20, alimentados según el peso corporal) sin o con lactoferrina adicional (un

Tabla 4. Efecto de un programa de alimentación con leche control (CON) o intensificado (INT) sin (-) o con (+) lactoferrina añadida sobre los índices de salud predestete.

Ítem	CON -	CON +	INT- -	INT +	SE	P
Días tratado						
predestete	0.88	1.89	2.56	2.86	0.60	0.02
Semana 7 (destete)	0.63	0.00	0.44	0.43	0.46	NS
Post-destete	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NS
General	1.50	1.89	3.11	3.29	0.78	0.05

Fuente: Cowles et al., 2006.

péptido antimicrobiano que se encuentra en la leche, alimentado a 1 g/d). Como puede verse en la Tabla 4, los terneros alimentados con el programa CMR intensificado recibieron más tratamiento que los terneros alimentados convencionalmente. No hubo efecto de la lactoferrina añadida en ningún índice de la salud de los terneros en general.

Efectos del estrés

El estrés y la falla de la transferencia pasiva (FPT) pueden afectar la respuesta a un programa de alimentación CMR intensificado. Quigley et al. (2006), utilizando terneros toros Holstein transportados comprados en establos de venta (la mayoría con FPT), informaron que los días tratados y las puntuaciones fecales aumentaron en terneros alimentados con un programa CMR intensificado (Tabla 5). Además, la mortalidad antes del destete tendió ($P < 0.10$) a ser mayor cuando los terneros fueron alimentados con más CMR; 3 terneros CON (7,6%) murieron antes del destete mientras que 14 terneros INT (17,5%) murieron antes del destete. Las altas tasas de morbilidad y mortalidad antes del destete parecían ser mayores que en otros estudios y probablemente se debieron al estrés del FPT, el transporte y otros factores estresantes impuestos a los terneros.

Aspectos de la respuesta inmune y la nutrición

Muchos investigadores han evaluado aspectos específicos de la respuesta inmune para comprender mejor, desde un nivel mecánico, si la nutrición puede afectar la inmunidad y cómo. Como se mencionó anteriormente, se han realizado muchas pruebas diferentes para evaluar diferentes aspectos de la inmunidad. La Tabla 6 resume algunos de estos hallazgos. En general, pocos datos respaldan la idea de que los nutrientes agregados mejoran las respuestas inmunitarias. De hecho, muchos de estos estudios informaron que al menos una medida de la inmunidad se vio afectada cuando se alimentó a los terneros con altos niveles de líquido antes del destete. Para más información sobre pruebas específicas, o interpretación de resultados, se recomienda consultar los artículos específicos.

Tabla 5. Efecto del programa de alimentación con leche intensificada (INT) sin (-) o con (+) agregado de suero que contiene aditivo alimentario sobre los índices de salud antes del destete.

Ítem	CON	INT-	INT+	P
Mortalidad, %	8.6	22.3	12.6	NS
Puntuaciones fecales	1.44	1.60	1.56	0.02
Días con fiebre	0.04	0.05	0.07	NS
Días con diarrea	1.7	2.7	2.5	0.03
Días tratados	1.9	3.0	3.2	0.05

Fuente: Quigley et al., 2006.

P = efecto de la alimentación intensificada. No hubo efecto del aditivo para piensos.

Resumen

Proporcionar nutrientes adicionales a los terneros antes del destete mediante la alimentación de más leche o sustituto de leche puede aumentar las tasas de ganancia de peso corporal, altura y otras medidas de tamaño del ternero. Sin embargo, los datos publicados hasta la fecha en la literatura científica sugieren que los nutrientes adicionales tienen poco efecto sobre la inmunidad siempre que los animales se alimenten a niveles de mantenimiento o superiores. De hecho, gran parte de los datos publicados sugieren que la salud de todo el animal, los días de diarrea, el tratamiento de la diarrea y las infecciones respiratorias pueden mejorar cuando los terneros reciben altos niveles de nutrición. Probablemente, existen interacciones importantes de las tasas de inmunidad pasiva, el estrés y el nivel de nutrición que esperan una mayor investigación.

Tabla 6. Efectos de nutrientes adicionales suministrados a terneros antes del destete (INT) sobre medidas de respuestas inmunitarias específicas.

Autor	Medidas	Efecto de INT
Foote et al., 2005a	Proliferación de CD4+, CD8+ y Células receptoras de células T $\gamma\delta$ +	Reducido
	Expresión de CD25 por células CD4+ y CD8+ estimuladas por mitógeno	Reducido
	Expresión de CD44 por CD8+ estimulado por mitógeno células	Reducido
Foote et al., 2005b	PBMC CD4+, % de monocitos $\gamma\delta$ TCR+	Sin efecto 1-5; mayor semana 6
	Cambio en $\gamma\delta$ TCR+, % de células B	Sin efecto
	Porcentaje de células CD4+ con receptor de IL-2	Reducido
	Secreción de IFN- γ y óxido nítrico	Reducido
Foote et al., 2007	Hipersensibilidad al antígeno	Sin efecto
	% de leucocitos mono y polimorfonucleares en sangre	Sin efecto
	Porcentaje de células T CD4+	Sin efecto
	Porcentaje de células T CD4+ y CD8+ de memoria	Sin efecto
	IgG sérica específica de antígeno	Sin efecto
	Secreción de IFN- γ y óxido nítrico	Sin efecto
	Respuestas de hipersensibilidad cutánea de tipo retardado provocadas por antígenos	Reducido
Viabilidad de las células T CD4+, CD8+ y $\gamma\delta$ TCR+	Reducido	
Nonnecke et al., 2003	Producción de óxido nítrico a partir de células en reposo	Incrementado
	El número total de leucocitos en sangre y el	Sin efecto
	Composición de la población de leucocitos mononucleares Síntesis de ADN inducida por	Sin efecto
	mitógenos y secreción de IgM	Sin efecto
Ballou, 2012	IFN- γ de leucocitos en sangre y secreción de óxido nítrico	Reducido
	Glucosa en sangre después de la provocación con LPS	Incrementado
	Haptoglobina plasmática después del desafío con LPS	Incrementado
	Intensidades de explosión oxidativa de neutrófilos cuando se cultivan juntamente con E. coli durante 10 min.	Incrementado d 77
	Capacidad de explosión oxidativa de los neutrófilos y Eliminación de E. coli en sangre entera	Incrementado en Jerseys al d 77
	Secreción de IFN- γ por los linfocitos T	Sin efecto
Pollock et al., 1994	Respuesta de anticuerpos a la inyección de KLH	Reducido
	Títulos anti-HRBC	Reducido
	Concentración total de Ig sérica	Sin efecto

Referencias

- Ballou, M. A., 2012. Respuestas inmunitarias de terneros Holstein y Jersey durante los períodos previo al destete e inmediatamente posterior al destete cuando se alimentan con distintos planos de sustituto de leche. *J. Ciencias de la leche*. 95 :7319–7330.
- Chandra, R. K. 1997. La nutrición y el sistema inmunitario: una introducción. *Amer. J. Clin. Nutrición* 66:460S-463S.
- Davis Rincker, L. E., M. J. VandeHaar, C. A. Wolf, J. S. Liesman, L. T. Chapin y M. S. Weber Nielsen. 2011. Efecto de la alimentación intensificada de terneras novillas sobre el crecimiento, la edad puberal, la edad de parto, la producción de leche y la economía. *J. Ciencias de la leche*. 94:3554–3567.
- Foote, M. R., B. J. Nonnecke, M. A. Fowler, B. L. Miller, D. C. Beitz y W. R. Waters. 2005a. Efectos de la edad y la nutrición en la expresión de CD25, CD44 y L-Selectina (CD62L) en células T de terneros recién nacidos. *J. Ciencias de la leche*. 88:2718–2729.
- Foote, M. R., B. J. Nonnecke, W. R. Waters, M. V. Palmer, D. C. Beitz, M. A. Fowler, B. L. Miller, T. E. Johnson y H. B. Perry. 2005b. Efectos de la nutrición intensificada en las respuestas inmunitarias mediadas por células y específicas de antígeno de los terneros alimentados con sustituto de leche. *En t. J. Vitam. Nutrición Res.* 75:357–368.
- Foote, M. R., B. J. Nonnecke, D. C. Beitz y W. R. Waters. 2007. La alta tasa de crecimiento no mejora las respuestas inmunitarias adaptativas de los terneros recién nacidos y se asocia con una viabilidad reducida de los linfocitos. *J. Ciencias de la leche*. 90:404–417.
- Godden, S. M., J. P. Fetrow, J. M. Feirtag, L. R. Green, S. J. Wells, 2005. Análisis económico de la alimentación de terneros lecheros con leche pasteurizada no vendible versus sustituto de leche convencional. *J. Amer. Veterinario. Medicina. Asoc.* 226:1547–1554.
- Griebel, P. J., M. Schoonderwoerd y L. A. Babiuk. 1987. Ontogenia de la respuesta inmune: Efecto de la desnutrición proteico-energética en terneros recién nacidos. *Pueden. J. Vet. Res.* 51: 428-435.
- Hengst, B. A., L. M. Nemecek, R. R. Rastani y T. F. Gressley. 2012. Efecto de los programas de alimentación de sustitutos de leche convencionales e intensificados sobre el rendimiento, la respuesta a la vacunación y los niveles de ARNm de neutrófilos en terneros Holstein. *J. Ciencias de la leche*. 95:5182–5193.
- Nonnecke, B. J., M. R. Foote, J. M. Smith, B. A. Pesch y M. E. Van Amburgh. 2003. Composición y capacidad funcional de las poblaciones de leucocitos mononucleares sanguíneos de terneros recién nacidos con dietas de reemplazo de leche estándar e intensificadas. *J. Ciencias de la leche*. 86:3592–3604.
- Ollivett, T. L., D. V. Nydam, T. C. Linden, D. D. Bowman y M. E. Van Amburgh. 2012. Efecto del plano nutricional sobre la salud y el rendimiento en terneros lecheros después de la infección experimental con *Cryptosporidium parvum*. *J. Amer. Veterinario. Medicina. Asoc.* 241:1514-1520.
- Osorio, J. S., E. Trevisi, M. A. Ballou, G. Bertoni, J. K. Drackley, and J. J. Loores. 2013. Efecto del nivel de ingesta de energía materna antes del parto sobre los marcadores inmunometabólicos, la función de los leucocitos polimorfonucleares y la expresión de la red de genes de neutrófilos en terneras Holstein neonatales. *J. Ciencias de la leche*. 96:3573–3587.

Pollock, J. M., T. G. Rowan, J. B. Dixon, S. D. Carter, D. Spiller y H. Wärenius. 1993. Alteración de las respuestas inmunes celulares por nutrición y destete en terneros. *Res. Veterinario. ciencia* 55:298-306.

Pollock, J. M., T. G. Rowan, J. B. Dixon y S. D. Carter. 1994. Nivel de nutrición y edad al destete: efectos sobre la inmunidad humoral en terneros jóvenes. *Británico J. Nutr.* 71:239-248.

Quigley, J. D., T. A. Wolfe y T. H. Elsasser. 2006. Efectos de la alimentación adicional con sustitutos de la leche en la salud, el crecimiento y los metabolitos sanguíneos seleccionados de los terneros. *J. Ciencias de la leche.* 89:207–216.

Williams, P. E. V., D. Day, A. M. Raven y J. A. McLean. 1981. El efecto del alojamiento climático y el nivel de nutrición en el rendimiento de los terneros. *Anim Prod* 32:133–141.