

El bienestar en las granjas de vacuno de leche (XII):

El estrés calórico (6): Métodos para reducirlo (3)

Introducción

El efecto negativo del estrés por calor va a más como consecuencia del aumento del calentamiento global y la selección genética a vacas más productoras. La reducción en producción de los animales durante el estrés calórico ha sido asociada generalmente a la disminución del consumo voluntario de alimento, si bien esta reducción sólo explica el 50 % de los efectos metabólicos y fisiológicos del estrés calórico. El resto cabe explicarlo por los cambios hormonales y metabólicos, así como por variaciones en el reparto de la energía. Además, el estrés calórico altera el equilibrio de radicales libres, lo que resulta en daño oxidativo en las células y en las mitocondrias.

Por tanto, desarrollar una estrategia nutricional (las estrategias de manejo las hemos abordado ya en otros trabajos) que sostenga la producción láctea, pero que también aborde las perturbaciones metabólicas y fisiológicas causadas por el estrés calórico ayudará a la vaca a mantener un metabolismo más normalizado, que no impedirá el rendimiento.

1. Reducción de la producción de calor metabólico

En el número 251 de Frisona Española explicábamos, entre otras cosas, que una de las principales consecuencias del estrés calórico era la disminución de la ingesta, lo que lleva consigo cambios en la composición de la microbiota y daños en el epitelio ruminal.

Además, también se produce una disminución de la absorción de nutrientes, lo que afecta a la salud podal, a la salud en general y al nivel de bienestar.

El menor consumo de las vacas en situación de EC obliga a reformular las raciones buscando una mayor concentración de nutrientes con los que evitar la caída de la producción, estimular el consumo en la medida de lo posible y, en algunos casos, restablecer el equilibrio homeostático perdido.

Con mayores temperaturas los requerimientos de energía y de proteína aumentan, mientras que los de fibra disminuyen, especialmente la Fibra Ácido Detergente (FAD), tanto más cuanto mayor es el nivel productivo.

En los últimos años se ha propuesto el término de dieta fría para denominar aquella ración que proporciona una importante cantidad de nutrientes para la síntesis y disminuye el incremento de calor generado durante la fermentación y el metabolismo. Las características más importantes de esta dieta son:

- Mayor densidad energética
- Fibra más digestible
- Fibra efectiva (FNDef)
- Menor degradabilidad ruminal de las proteínas
- Mayor contenido de nutrientes *by-pass*
- Altos niveles de N⁺ y de K⁺

En los últimos años se ha destacado la necesidad de diferenciar las necesidades de fibra no solo teniendo en consideración su función química, como precursor de los ácidos grasos volátiles, sino también su función mecánica (fibra efectiva).

1.1. Fibra efectiva

La FNDef es la fracción de la FND que influye sobre la masticación, la rumia, la insalivación, el pH

Antonio Callejo Ramos. Dr. Ingeniero Agrónomo.
Dpto. Producción Agraria E.T.S.I. Agronómica, A. y
de B.-U.P.M. - antonio.callejo@upm.es

ruminal y la motilidad ruminal (Gallardo y Valtorta, 2011). Debido a los efectos negativos del calor sobre la función del rumen (ya descritos en el n° 251), las vacas serán más propensas a padecer acidosis ruminal durante el verano, sobre todo cuando reciben raciones con una baja relación forraje/concentrado y teniendo en cuenta que también tienden a seleccionar el alimento, consumiendo menos forraje, principalmente si es de baja calidad. Con menos FND en la dieta, la menor actividad de rumia y la reducida capacidad tampón de la saliva (que además se produce en menor cantidad) darán lugar a un pH ruminal más bajo y frecuentemente a un menor tenor graso de la leche (West y col., 1999). Por otra parte, si se superan determinadas proporciones de fibra larga en la dieta (> 40 % de FND) el consumo y las velocidades de tránsito y de digestión se verán afectados negativamente, por un efecto de repleción del rumen, lo que deprime el apetito. Este efecto es mayor para la fibra que proviene de forrajes maduros o de gramíneas de alta energía (Van Soest, 1994). Asimismo, forrajes con un FND elevado suelen ser de peor calidad y su fermentación ruminal genera más calor. Por ello, en situaciones de estrés por calor los forrajes deben ser de la mejor calidad pues incrementan la energía de la dieta y generan menos calor de fermentación en el rumen. Se recomiendan niveles de FND entre el 28 y el 40 %.

La FNDef puede ser cuantificada de forma indirecta midiendo el tamaño y uniformidad de las partículas de la ración mediante el sistema de separación de partículas de Penn State (Figura 1), que utiliza un conjunto de cuatro bandejas, de forma que las partículas de una ración unifeed quedan separadas en cuatro grupos:

- Bandeja superior: retiene partículas > 2 cm.
- Bandeja 2: retiene partículas entre 0,8 y 2 cm.
- Bandeja 3: retiene partículas entre 0,2 y 0,8 cm
- Bandeja inferior o "ciega": retiene partículas < 0,2 cm

La bandeja superior identifica las partículas más gruesas que flotan en el rumen y que contribuyen a la masticación y a la insalivación. Las bandejas intermedias incluyen las partículas moderadamente digestibles y la inferior recoge las partículas que serían rápidamente digestibles o removibles desde el rumen.

Figura 1. Separador de partículas de Penn State



Conforme a la guía de este sistema (Heinrichs y Kononoff, 2002), en una ración unifeed basada en silo de maíz, la bandeja superior debería retener de un 7 a un 10 % en peso húmedo de la muestra, la segunda del 40 al 50 %, la tercera menos del 35 %, y la bandeja "ciega" menos del 20%. No obstante, estas recomendaciones deben adaptarse a los componentes de cada dieta, pues pueden ser muy diferentes a los de la guía citada.

1.2. Incremento de la densidad energética

En situaciones de calor es necesario elevar la concentración energética para compensar el descenso del consumo. En lo que hay cierta controversia es en la forma de conseguirlo.

Una primera opción sería la inclusión de grasas en la ración, teniendo en cuenta no sólo la cantidad de energía que contienen sino el menor calor generado por su digestión y metabolismo. No obstante, la información existente al respecto ofrece resultados inconsistentes y no siempre favorables. Las mejores respuestas durante el verano se han obtenido con el uso de grasas *by-pass*. Cuando las grasas no están protegidas de la hidrogenación en el rumen, si bien es posible aumentar la producción de leche, pueden producirse respuestas no deseadas. Si la proporción de lípidos no protegidos supera el 4-5% de la MS de la dieta puede disminuir el porcentaje de proteína en la leche (Umphrey y col., 2001). En algunos casos, debido a los efectos tóxicos de estas grasas sobre las bacterias celulolíticas se puede registrar un descenso en el tenor graso de la leche.

El uso de grasas parece tener también efecto positivo sobre diversos parámetros reproductivos como el aumento de las tasas de gestación, el de los niveles de progesterona en sangre, el del diámetro de los folículos pre-ovulatorios y el de la población de folículos (van Knegsel y col., 2005). Estas respuestas favorables estarían relacionadas con un retorno más rápido a un balance energético positivo en las vacas posparto.

La segunda opción es recurrir al aumento de los alimentos concentrados que, aparte de la preferencia mostrada por las vacas, tienen la ventaja de que su digestión y metabolismo discurre de forma más eficiente al generar menor cantidad de calor en comparación con los forrajes. No obstante, no parece que el aporte de concentrados deba sobrepasar el 65% de la ración (36-44% de carbohidratos no fibrosos respecto a MS) para no caer en el riesgo de perjudicar la función ruminal (acidosis), alteración que favorece la menor síntesis de grasa láctea que probablemente ya se está produciendo como consecuencia de las altas temperaturas ambientales, además de los ya señalados efectos negativos sobre la salud podal (laminitis), aunque éstos no suelen apreciarse con claridad hasta dos meses después. Quizá sea una mejor estrategia suministrar forrajes de alta calidad con menor contenido en FND y mayor digestibilidad, como ya señalábamos en el punto anterior. Otra posibilidad es sustituir parcialmente la FND del forraje por FND procedente de productos no forrajeros de alto contenido en fibra.

1.3. Proteína

El descenso en el consumo de MS durante la época de calor reduce la ingestión total de proteína, pudiendo llevar a un balance proteico negativo. En un intento de compensar esta hecho, se eleva el contenido proteico de la dieta excesivamente, sin considerar el coste energético que supone la metabolización de ese nitrógeno añadido

El estrés calórico (6): Métodos para reducirlo (3)

a la dieta, obteniendo un resultado contrario al que se desea, que es la menor generación de calor metabólico.

La menor disponibilidad de proteína por el descenso en la ingesta puede exacerbarse con dietas conteniendo cantidades excesivas de fibra o de carbohidratos muy fermentables, que pueden originar una concentración de nitrógeno ruminal por debajo de las que necesita la población microbiana. Al mismo tiempo, si la dieta tiene un elevado contenido en proteína degradable en rumen sin una fuente paralela de carbohidratos fácilmente fermentables (azúcares, almidón), el animal necesitará energía suplementaria para modular los excesos de urea que se forman por el amoníaco liberado en el rumen. La consecuencia fundamental de este desequilibrio es la menor síntesis de proteína de origen microbiano, que es el origen principal de aminoácidos para la síntesis de proteína láctea. La sugerencia para el mantenimiento de la producción láctea en vacas sometidas a EC se condiciona a un aporte de proteína degradable no superior al 61% de la proteína bruta y que no se exceda en más del equivalente a 100 g/día de nitrógeno (Huber y col., 1994).



1.4. Minerales (Balances de cargas DCAD¹ bajo EC)

En situaciones de calor, las vacas necesitan aportes adicionales de minerales para compensar la menor ingestión de MS y la mayor eliminación de electrolitos. La mayor sudoración incrementa la eliminación de K, el calor reduce la absorción de minerales como el Ca, el P o el K (West, 1999), y el mayor riesgo de alcalosis por el mayor ritmo respiratorio provoca una mayor excreción renal de bicarbonato y menor de H⁺, cuya consecuencia más apreciable es la pérdida de apetito. La administración de sales ricas en Na o K (sales alcalogénicas) como el bicarbonato sódico, el carbonato potásico o el bicarbonato potásico incrementaría la disponibilidad de Na y K para la absorción digestiva. El ion negativo aportado por el bicarbonato aumentaría la capacidad tampón de la sangre. Los datos aportados por el estudio de Sánchez y col. (1994) sugieren que la concentración ideal de Na y K en dietas para vacas bajo estrés por calor rondaría el 0,8 % y el 1,8%, respectivamente.

El efecto del nivel de Cl en la dieta en verano se tradujo en menor consumo y producción pues la mayoría de las sales de Cl son acidogénicas: aumentan la absorción de H⁺ alterando el equilibrio ácido-base. Por ello, es importante limitar el aporte de Cl durante estos períodos calurosos a un 0,15-0,20 % de la MS, y aportar K y Na mediante sales alcalogénicas como CO₃HNa, CO₃Na₂, CO₃K₂ o

CO₃HK (que estimulan la salivación) en lugar de con ClNa o ClK, que no cambiarán el DACAD (diferencia anión-cation) de la ración ni aumentarán la capacidad neutralizadora de la acidez ruminal ni el apetito.

En la revisión de Sánchez y col. (1994) se pone de manifiesto que la DACAD ideal parece situarse entre los 350 y los 400 mEq/kg. Posteriormente, Sánchez y Block (2000) obtuvieron un mayor consumo de MS y de producción incrementando la DACD desde 180 a 520 mEq/kg. Esta última cantidad se conseguía más fácilmente combinando sales de Na y K que cuando se utilizaban sólo sales de Na o sales de K.

La respuesta a la suplementación con Mg durante el verano alcanzó su nivel óptimo cuando está presente en la dieta entre el 0,30 y el 0,35 %. No obstante, hay que tener en cuenta que la absorción de Mg en los preestómagos es un proceso de muy baja eficacia (apenas se absorbe entre el 3 y el 7 % del Mg ingerido) y que el K puede depolarizar la membrana apical de las papilas ruminales evitando la absorción del Mg. Por ello, es importante mantener una proporción K:Mg de 5:1 para asegurarse de que se está administrando la cantidad correcta de Mg (Portela, 2002).

El aumento de P en la dieta desde el 0,35 % al 0,63% tiene un efecto positivo en la producción láctea en verano pero no en invierno (Sánchez y col., 1994).

2. Otras estrategias nutricionales

Sin menoscabo de lo expuesto anteriormente, en los últimos años se ha hecho especial hincapié en aplicar las siguientes estrategias nutricionales como medio de mitigar los efectos del estrés calórico sobre el consumo del animal y sobre la mayor o menor alteración de otras funciones fisiológicas:

1. Mantenimiento de la ingesta del alimento.
2. Mejora de las condiciones ruminales.
3. Aporte de microminerales.
4. Potenciación de la salud hepática.
5. Empleo de antioxidantes naturales.

2.1. Mantenimiento de la ingesta de alimento

La ración unifeed debe ser palatable, fresca y estable, empleando forrajes de alta calidad y muy apetecibles, que generan menos calor en su fermentación que los forrajes de menor calidad.

El manejo de la alimentación, con mayor número de distribuciones a lo largo del día y en las horas más frescas, también contribuye al aumento del consumo voluntario, debiéndose evitar el calentamiento (exposición al sol) de la zona del comedero.

2.2. Mejora de las condiciones ruminales

La microbiota ruminal necesita estabilidad para evitar la acidosis y los daños al epitelio ruminal. Sin embargo, la reducción del consumo voluntario y las dietas ricas en cereales conducen a un exceso excesivo del pH ruminal y a una alta concentración de ácidos grasos de cadena corta en el rumen, con el riesgo de desarrollar acidosis ruminal subaguda. Por otro lado, debido a que estas condiciones ruminales son desfavorables para algunas bacterias, aumenta la producción de lipopolisacáridos. Éstos y las bacterias son capaces de atravesar el epitelio ruminal dañado y llegar al hígado, en primer lugar y, posteriormente, a otros órganos. La consecuencia es una inflamación local, pero también se puede desencadenar una inflamación sistémica.

El uso de levaduras vivas, como por ejemplo *Saccharomyces cerevisiae* I-1077, pueden favore-

¹ Siglas en inglés de la Diferencia Cation-Anión de la Dieta

cer la fermentación ruminal adecuada mediante múltiples mecanismos. Este probiótico estabiliza las condiciones anaeróbicas y el pH (reduciendo el riesgo de acidosis), sustentando a las bacterias degradadoras de lactato. De este modo, con unas condiciones más estables, las bacterias beneficiosas que degradan la fibra pueden desarrollarse y multiplicarse, mejorando la digestión de la fibra y la utilización del nitrógeno. En definitiva, aumentando la eficiencia de alimentación.

Los aceites esenciales también modifican el ambiente ruminal, disminuyen el incremento calórico y mejoran la digestión (Calsamiglia y col., 2007). Ejemplos de estos aceites son el timol o el eugenol, mezclas complejas de mono y sesquiterpenos que poseen actividad antimicrobiana y, por ello, suponen una alternativa a los antibióticos u otros promotores de crecimiento para modular la fermentación en el rumen y mejorar la eficiencia nutricional (McIntosh y col., 2003). No obstante, son escasos los estudios que muestren que pueden contribuir a mejorar las condiciones de alimentación en verano (Gallardo y Valtorta, 2011).

2.3. Aporte de microminerales

Un aporte óptimo de microminerales es crucial para mantener una buena respuesta inmunitaria y la correcta función barrera del epitelio intestinal y mamario.

El estrés térmico ha sido implicado en promover el estrés oxidativo a través de la excesiva producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) o disminuyendo las defensas antioxidantes. ROS son moléculas que contienen oxígeno con un electrón desapareado en su anillo externo. Los oligoelementos cobre (Cu), selenio (Se), zinc (Zn), manganeso (Mn) y hierro (Fe) son componentes estructurales de los enzimas antioxidantes, los cuales previenen este daño celular por ROS que se ha producido durante el metabolismo celular habitual. El estrés oxidativo causado por las ROS no neutralizadas puede provocar inflamación y muerte celular prematura, y los sucesos que aceleran el metabolismo celular, como las infecciones, la sequía o el estrés por calor, incrementan el riesgo de estrés oxidativo.

Diversos estudios han concluido que la exposición al calor acrecienta la producción de ROS e induce estrés oxidativo. En respuesta al aumento de

producción de ROS producido por el estrés calórico, se produce un incremento de la actividad de las enzimas antioxidantes superóxido dismutasa (SOD), catalasa y glutatión peroxidasa (GSH-Px), porque el cuerpo intenta neutralizar la subida de producción de ROS, pero los individuos con un estatus mineral bajo pueden no tener suficientes oligoelementos para sintetizar la protección antioxidante necesaria y por eso tienen un riesgo mayor de los efectos nocivos del estrés por calor y estrés oxidativo.

La suplementación mineral en condiciones extremas debe ser vista no solo como un simple medio para cubrir las importantes y crecientes necesidades de un nutriente específico, sino también una manera de amortiguar los efectos de la dieta y el clima. Entre los oligoelementos, el selenio es probablemente el más interesante como apoyo a las defensas antioxidantes de la vaca bajo estrés calórico.

2.4. Potenciación de la salud hepática

El estrés por calor afecta negativamente al funcionamiento hepático de las vacas al alterar la función mitocondrial y metabólica, observándose un mayor estrés oxidativo y empeoramiento de la función inmunitaria, lo que podría explicar el aumento de la incidencia de enfermedades metabólicas en vacas lecheras afectadas por el estrés calórico.

Por ello, otra estrategia para hacer frente a este estrés consiste en ayudar al metabolismo y a la salud del hígado mediante la suplementación con colina y niacina (Figura 2).

La colina es un nutriente esencial con una amplia gama de funciones:

- Previene la acumulación de grasa en el hígado.
- Mejora el estado inmunitario durante el período de transición.

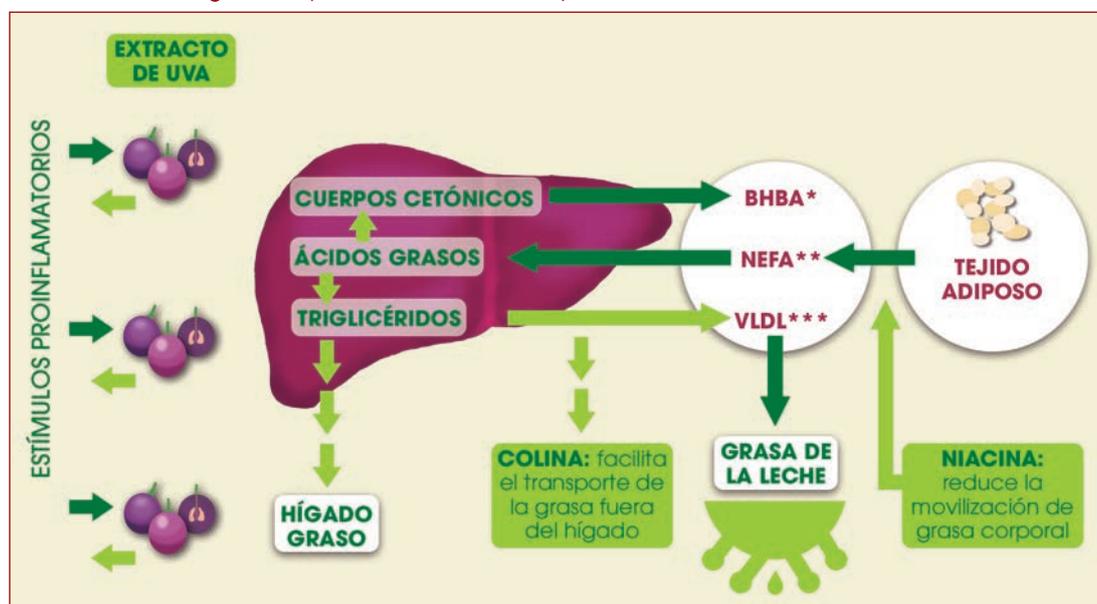
La niacina o vitamina B₃:

- Reduce la movilización de grasa corporal.
- Favorece la pérdida de calor al mejorar la perfusión de la piel mediante la vasodilatación.

2.5. Antioxidantes naturales

Los antioxidantes naturales ricos en polifenoles, como el extracto de uva, pueden bloquear la activación de factores reguladores implicados en los procesos inflamatorios. De hecho, tanto la inflamación local como la sistémica pueden ser atenuadas mediante el uso de polifenoles (Figura 2).

Figura 2. Suplementos beneficiosos para hacer frente al estrés calórico



El estrés calórico (6): Métodos para reducirlo (3)

Comentábamos anteriormente que el selenio (Se) es quizá el micromineral más interesante para apoyar las defensas antioxidantes de la vaca bajo estrés por calor. En particular, la familia glutatión peroxidasa de las enzimas antioxidantes, que contienen Se incorporado dentro de un aminoácido (forma orgánica) desempeñan un papel importante para mantener el equilibrio antioxidante y proteger las células. Se ha demostrado que el nivel de actividad de estas enzimas está íntimamente ligado con el estatus del Se en el organismo y su ingesta en la dieta.

La suplementación con Se existe bajo distintas formas, ya sea de origen mineral (selenato, selenita) o en forma orgánica incorporado dentro de los aminoácidos, la forma natural en que se encuentra en las plantas y levaduras. El Se orgánico es más biodisponible que el Se mineral.

Se ha relacionado el efecto protector del selenio con la influencia de su actividad antioxidante sobre las funciones de los neutrófilos, las células del sistema inmune circulantes implicadas en la respuesta temprana frente a patógenos. Cuando la capacidad antioxidante es limitada, la vida útil de esas células inmunes se reduce, lo que facilita el establecimiento de la infección o el agravamiento de un proceso.



Resumen

La producción lechera se ve afectada negativamente por el estrés térmico y la reevaluación más reciente del umbral de estrés por calor indica que las vacas lecheras se ven afectadas por las altas temperaturas antes de lo que se creía. Cuando las mejores prácticas de manejo del ganado son respetadas (el alojamiento y la nutrición...), la ayuda adicional de estas soluciones nutricionales pueden beneficiar a los productores lácteos.

Estos son una parte integrante de los programas para manejar el estrés por calor y pueden ayudar a limitar el impacto del estrés térmico sobre la salud y la productividad de vaca: la levadura viva *Saccharomyces cerevisiae* I-1077 ayuda a restaurar y mantener la función ruminal, mejorando el pH del rumen y la eficiencia alimentaria en condiciones de estrés. El selenio orgánico de la levadura restaura y protege el estatus antioxidante de los animales con un impacto positivo en la higiene de la leche, la fertilidad y la inmunidad de la vaca.

Referencias Bibliográficas

- Calsamiglia, S.; Buquet, M.; Cardozo, P.W.; Castillejo, L.; Ferrer, A. 2007. Invited review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. *J. Dairy Sci.* 90:2580-2595.
- Gallardo, M.; Valtorta, S. 2011. Estrés por calor en ganado lechero: impacto y mitigación. Ed. Hemisferio Sur. 124 pp.
- Heinrichs, A.J.; Kononoff, P.J. 2002. Evaluating particle size of forages and TMRs using the new Penn State Forage Particle Separator. *Technical Bulletin, College of Agricultural Science, Cooperative Extension, DAS 02-42.*
- Huber, J.T.; Higginbotham, G.; Gómez-Alarcón, R.A.; Taylor, R.B.; Chen, K.H.; Chan, S.C. 1994. Heat stress interactions with protein, supplemental fat, and fungal cultures. *J. Dairy Sci.* 77:2080-2090.
- Krägeloh, T. 2022. La clave para afrontar el estrés por calor en vacas de leche. *RumiNews*. Junio.
- McIntosh, F.M.; Williams, P.; Los, R.; Wallac, R.J.; Beever, D.A.; Newbold, C.J. 2003. Effects of essential oils on ruminal microorganisms and their protein metabolism. *Applied and Environmental Microbiology*, 69:5011-2014.
- O'Neill, P. 2022. La importancia de los antioxidantes en el estrés por calor. *Revista Vaca Pinta*, 30:92-96.
- Portela, J. E. 2002. Manejo de la alimentación en los periodos de estrés por calor. *Producción Animal*, 176:44-56.
- Sánchez, W.K.; McGuire, M.A.; Beede, D.K. 1994. Macromineral nutrition by heat stress interactions in dairy cattle: Review and original research. *J. Dairy Sci.* 72:2501-2079.
- Soler, P. 2012. Nuevos conocimientos sobre la evaluación del estrés térmico y el impacto en las vacas lecheras y su gestión a través de soluciones microbianas. *Innovación Tecnológica*.
- Umphey, J.E.; Moss, B.R.; Wilcox, C.J.; Van Horn, H.H. 2001. Interrelationships in Lactating Holsteins of Rectal and Skin Temperatures, Milk Yield and Composition, Dry Matter Intake, body weight and feed efficiency in summer in Alabama. *J. Dairy Sci.* 84: 2680-2685.
- Van Knegsel, A.T.M.; Van Den Brand, H.; Dijkstra, J.; Tamminga, S.; Kemp, B. 2005. Effect of dietary energy source on energy balance, production, metabolic disorders and reproduction in lactating dairy cattle. *Reprod. Nutr. Dev.* 45, 665-688.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2^o Ed. Cornell University Press. Ithaca and London.
- West, J.W. 1999. Nutritional strategies for managing the heat-stressed dairy cow. *J. Anim. Sci.* 7:21-35.

Recuerda Programa I-SA

Programa de recogida de información, con la colaboración de ganaderos y veterinarios, de las principales patologías para el control y mejora de la salud animal en la ganadería de vacuno lechero.

Se recogen datos sobre casos de cetosis, fiebre de la leche, desplazamiento de abomaso, abortos, metritis, retención de placenta, mamitis, neumonía y otras patologías.

