

# El bienestar en las granjas de vacuno de leche (IX):

## El estrés calórico (3): Síntomas y consecuencias

### Introducción

En esta tercera entrega sobre el estrés calórico (EC) pretendemos explicar los signos visibles y los no tan visibles del estrés calórico en vacas lecheras, de forma que puedan servir de señal de alarma sobre lo que está aconteciendo y que perjudica, en mayor o en menor medida, el bienestar de estos animales.

Asimismo, explicaremos las consecuencias que tiene el EC sobre el animal, a distintos niveles: fisiológico, reproductivo, conductual. Es evidente que las propias consecuencias del EC se convierten en signos evidentes del mismo cuando somos capaces de verlas o de medirlas, si bien algunas de ellas no se manifiestan de forma inmediata, por lo que no servirían para dar una respuesta inmediata al EC sino, y también es importante, para preparar la granja para que los episodios de calor del año siguiente tengan menores efectos negativos.

Tras el largo y calurosísimo verano que hemos pasado este año 2022, y que cuando se escriben estas líneas (mediados de octubre) aún tenemos temperaturas superiores a lo habitual, nos parece evidente el interés de comprender las negativas consecuencias sobre el ganado lechero del EC y la necesidad de arbitrar medidas eficaces para mitigar dichos efectos, y que serán abordadas en posteriores trabajos.

### Respuestas de la vaca al estrés calórico

El animal necesita disponer de mecanismos sensibles para poder mantener el equilibrio térmico y

responder con rapidez para poder compensar los cambios en la producción de calor. En respuesta a este estrés, la vaca lechera pone en marcha mecanismos físicos, bioquímicos y fisiológicos (además de conductuales) para tratar de contrarrestar los efectos negativos de aquél y mantener el equilibrio térmico. Estos ajustes buscan eliminar calor y reducir la producción de calor metabólico.

La respuesta de las vacas al EC sucede en una progresión de pasos que se presentan secuencialmente. Esta progresión depende de la severidad y duración del estrés.

Los principales efectos de este estrés son de tres tipos y su valoración económica se sintetizan en la Figura 1, aunque algunos de ellos los iremos exponiendo con más detalle en las siguientes páginas.

### Respuestas y consecuencias fisiológicas

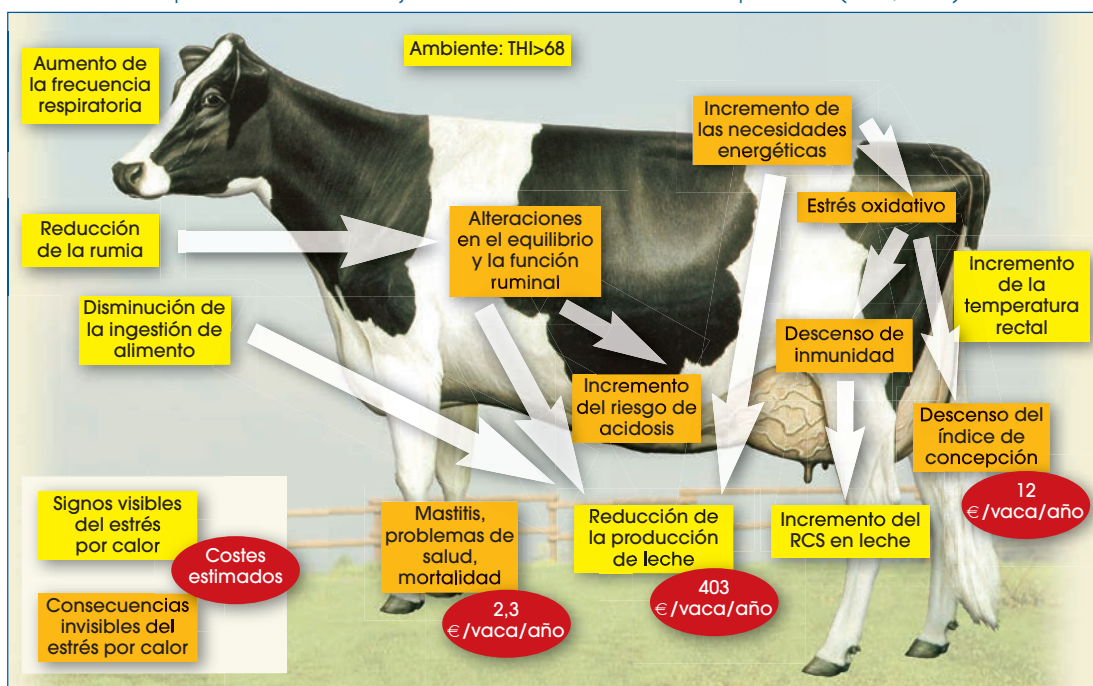
#### Inicio de la sudoración

A través de la sudoración, sujeta a control hormonal, se descargan grandes cantidades de agua. Debe considerarse que la sudoración sólo representa eso, pérdida de agua, y que para que tenga un efecto refrigerante se precisa que esta agua sea evaporada en la piel. La tasa de evaporación aumenta cuando lo hace la velocidad del aire que rodea el animal, pues se renueva con más frecuencia esta capa de aire, que es la que recibe el agua evaporada.

Las razas pertenecientes a la especie *Bos indicus* tienen una mayor tolerancia al calor pues se observa un incremento de la eliminación de calor por evaporación entre 25 y 30 °C, con un máximo a los 40 °C, frente a los 15-20 °C y 30 °C, respectivamente, en los individuos de *Bos Taurus*. Una de las razones es que las razas tropicales tienen una mayor densidad de glándulas sudoríparas (1.698/cm<sup>2</sup> en cebú)

**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

**Figura 1.** Representación esquemática de algunos factores involucrados en el estrés térmico y el posible impacto económico bajo condiciones severas de estrés por calor (Soler, 2009)



frente a 1.064/cm<sup>2</sup> en la raza Shortorn, además de estar más cerca de la superficie de la piel. También tienen una mayor superficie de piel en relación a la masa muscular, lo que favorece una mayor eliminación de calor.

#### Aumento del ritmo respiratorio

Aunque la sudoración y el aumento de temperatura corporal son respuestas que suelen aparecer antes, el incremento de la actividad respiratoria suele ser la primera respuesta visible al EC. A medida que aumenta la cantidad de aire respirado que puede ser calentado y saturado de humedad, mayor será la pérdida de calor. Las vacas de raza Jersey tienen un ritmo respiratorio más alto que las Holstein, lo cual atribuiría a las primeras mayor capacidad para disipar calor. En la actualidad, la diferencia entre ambas razas sería más acentuada por el mayor incremento del nivel productivo de la Holstein.

El ritmo respiratorio aumenta al elevarse la temperatura del aire. En condiciones de termoneutralidad las vacas respiran unas 20 veces por minuto y el volumen de aire expirado es de 40 a 60 litros, con diferencias entre razas y tamaño corporal. Sin embargo, a 40 °C pueden llegar a 115 respiraciones por minuto, con un volumen expirado de 300 litros. Esta diferencia representa triplicar la pérdida de calor.

Un ritmo respiratorio elevado puede aumentar la pérdida de calor durante períodos cortos, aunque si este ritmo se mantiene durante varias horas lo más probable es que el animal experimente problemas graves. La respiración acelerada y prolongada interfiere en el consumo de alimentos y en la rumia, aumenta la producción de calor corporal derivada de la actividad muscular, consume energía que podría utilizarse para otros fines y reduce la capacidad de combinación del CO<sub>2</sub> del plasma.

El aumento de la frecuencia respiratoria no indica necesariamente que los animales mantengan satisfactoriamente el equilibrio térmico, sino que señala que poseen una excesiva carga de calor y tratan de restablecer su normal equilibrio. Los jadeos

cortos y rápidos pueden ser útiles hasta que la vaca ponga en funcionamiento otros mecanismos de eliminación de calor.

A medida que progresa la situación de calor y se incrementa el ritmo respiratorio la eliminación de CO<sub>2</sub> de los pulmones es más rápida que su producción, disminuyendo así su concentración en sangre. En esta situación, y para mantener la homeostasis, el riñón excreta más bicarbonato (HCO<sub>3</sub>). Con mayor producción de CO<sub>2</sub> y más HCO<sub>3</sub> eliminado en la orina, la concentración de bicarbonato en sangre disminuye y el pH sanguíneo sube (alcalosis respiratoria). Este mecanismo reduce la concentración de bicarbonato en la saliva, disminuyendo su poder tamponante en el rumen e incrementando el riesgo de acidosis ruminal.

#### Cambios en el flujo sanguíneo vascular

Cuando la vaca empieza a "acumular" calor<sup>1</sup> se produce una redistribución de la sangre a la periferia del cuerpo en un intento de disipar la energía interna. El flujo de calor desde el interior del organismo hasta la superficie depende de su conducción directa a través de los tejidos y de la convección directa que tiene lugar por medio del torrente sanguíneo. Este último es responsable de la mayor parte del calor que se transfiere hacia la piel del animal.

Cuando el animal se encuentra en un ambiente caluroso la temperatura más alta de la piel facilita el flujo de calor desde ésta hacia el medio, si bien se reduce la transferencia de calor desde el interior, disminuyendo así la tasa de pérdida por conducción. El animal establece entonces un mecanismo de compensación mediante la vasodilatación de los vasos sanguíneos más próximos a la superficie externa, aunque esta dilatación también está influida por la temperatura y la radiación recibida.

El mayor flujo sanguíneo hacia la piel también está positivamente correlacionado con el nivel de sudoración.

<sup>1</sup> Es decir, cuando gana más calor del que puede perder

### Disminución del consumo

Se sabe que el calor se genera en el transcurso de los procesos digestivos y metabólicos, lo que explica los dos tipos de respuestas de las vacas incapaces de eliminar todo ese calor en su justa medida. Por un lado, disminuye el consumo de alimento para reducir la termogénesis asociada a su digestión y posterior asimilación de sus componentes; cuanto más alto sea el ITH (más  $T^{\circ}$  y HR) más intensa será la disminución del consumo. También desciende el consumo de alimentos fibrosos, tanto más cuanto peor sea la calidad de la fibra, dada la sobrecarga de calor adicional que implica la digestión de este componente del alimento.

Por el otro, hay una reducción de la actividad metabólica en su extensión más amplia, sobre todo teniendo en cuenta que algunas de las funciones más básicas de mantenimiento del organismo (respiratoria y cardíaca) están aceleradas y, con ello, la correspondiente producción de calor.

Durante el EC la digestión se ve alterada debido a que la función gástrica se hace más lenta por falta de flujo sanguíneo suficiente hacia los estómagos. Esto retrasa la velocidad con la que pasa el alimento a lo largo del tubo digestivo, incluyendo el rumen. Con menor motilidad ruminal los microorganismos del rumen son capaces de desdoblar una mayor cantidad de proteína de la ración que, en condiciones normales, pasaría sin degradar hasta el intestino delgado. El resultado es menos proteína total fluyendo hacia el intestino delgado, lugar donde son absorbidos los aminoácidos. También se reduce la absorción de nutrientes en todo el sistema digestivo por el menor flujo sanguíneo recibido, acumulándose los productos finales de la fermentación ruminal dentro del estómago. La acumulación de ácidos grasos volátiles en el rumen provoca una caída del pH del rumen, de 6,0 a 5,7 o menos. Esto provoca acidosis, lo que impacta negativamente en las bacterias que digieren la fibra, reduciendo así la fermentación de esta fibra. El resultado de ambos hechos (menor pH y menor fermentación de la fibra) es, a corto plazo, menos contenido en grasa de la leche y, a medio plazo, el riesgo de desarrollar laminitis.

En raciones con forrajes muy fibrosos, el efecto combinado de la reducida motilidad ruminal, la menor tasa de rumia y la mayor ingestión voluntaria de agua provocan un mayor efecto de "llenado" o repleción del rumen y una velocidad de tránsito digestivo más lenta. El alimento queda retenido más tiempo en el rumen, aumentando la digestibilidad en este reservorio gástrico, ventaja aparente que queda claramente difuminada por el menor consumo; en consecuencia, la disponibilidad neta de nutrientes para el animal es más baja.

Si se tiene en cuenta que la principal fuente de energía para un rumiante proviene de los ácidos grasos volátiles resultantes de la fermentación de los hidratos de carbono (fibra soluble y almidones) la consecuencia lógica es que estos productos intermedios disminuyan cuando el animal está bajo EC por la vía indirecta de un menor consumo voluntario.

La rumia, función clave para la supervivencia y proliferación microbianas, se deprime durante episodios de estrés por calor y deshidratación. También el flujo sanguíneo al epitelio ruminal y la motilidad del retículo disminuyen con el calor intenso.

La menor actividad muscular del rumen podría estar asociada a una disminución en la concentración de AGV (por el menor consumo), los cuales juegan un papel relevante en la estimulación del rumen.

Durante los días de intenso calor se ha observado que las vacas tienen un consumo selectivo reduciendo el consumo de forraje y aumentando el de concentrados, aumentando aún más el riesgo de acidosis ruminal.

Las temperaturas elevadas afectan el ambiente ruminal alterando los patrones de fermentación y, de forma indirecta, a los microorganismos que sintetizan los nutrientes necesarios para el rumiante, como las vitaminas del grupo B, los aminoácidos y los ácidos grasos esenciales.

El pH del rumen está determinado por el equilibrio entre los ácidos generados en la fermentación ruminal de los alimentos ingeridos y el bicarbonato y fosfato contenidos en la saliva, que neutralizan dichos ácidos. La fibra físicamente efectiva (forrajes) estimula la rumia y, con ella, la secreción de saliva. Como el EC provoca una disminución de la ingestión, el animal rumia menos y genera menos saliva.

La disminución de la relación forraje/concentrado durante la época calurosa puede ayudar a mantener el nivel de ingestión de materia seca. Sin embargo, esta estrategia alimentaria a menudo predispone a acidosis ruminal. Durante esta época, en aquellas explotaciones donde el concentrado y los forrajes se ofrecen separadamente, el consumo de estos últimos tiende a disminuir más rápidamente y en mayor cuantía que el de concentrados. Además, las vacas también tienden a ir más veces al comedero pero ingieren menos en cada visita, lo que estimula la acidosis ruminal y disminuye el consumo total de materia seca por día.

En días cálidos con noches frescas aumenta el consumo nocturno. Sin embargo, este mayor consumo no suele compensar la menor ingesta de alimentos (West, 1999).



### Disminución de la producción

La reducción de la actividad metabólica que lleva consigo el EC afecta a la actividad muscular voluntaria y al metabolismo subyacente a las distintas formas de producción, y obedece a un descenso en la secreción de la hormona del crecimiento y de las hormonas tiroideas. Ello explica que, en situación de EC, las vacas entren en un estado de aletargamiento o pereza generalizada para toda clase de movimientos y que, como consecuencia de la ralentización del metabolismo productivo experimenten un descenso en su producción de leche.

En la zona termoneutra no se produce ninguna reacción termorreguladora en el organismo de la vaca, y el nivel productivo de ésta es ajeno a todo aquello que no sea su potencial genético y el manejo a que se ven sometidas. A partir de los 16 °C, y mientras no se llegue a la situación de EC, sufren unas pérdidas de productividad moderadas como consecuencia de un incremento en sus necesidades energéticas de mantenimiento, lo que se atribuye

buye a la elevación de los ritmos cardíaco y respiratorio con que reaccionan para impulsar la eliminación de calor y tratar de mantener su temperatura corporal. El verdadero problema es la consecuencia sobre la producción cuando se supera el umbral de la temperatura crítica superior (que delimita, por arriba, la zona termoneutra), es decir, al EC y, con el fin de restablecer la homeostasis, el organismo reacciona promoviendo una reducción de la termogénesis que garantiza la supervivencia del animal.

La disminución de la producción de leche es el resultado conjunto de los tres hechos siguientes:

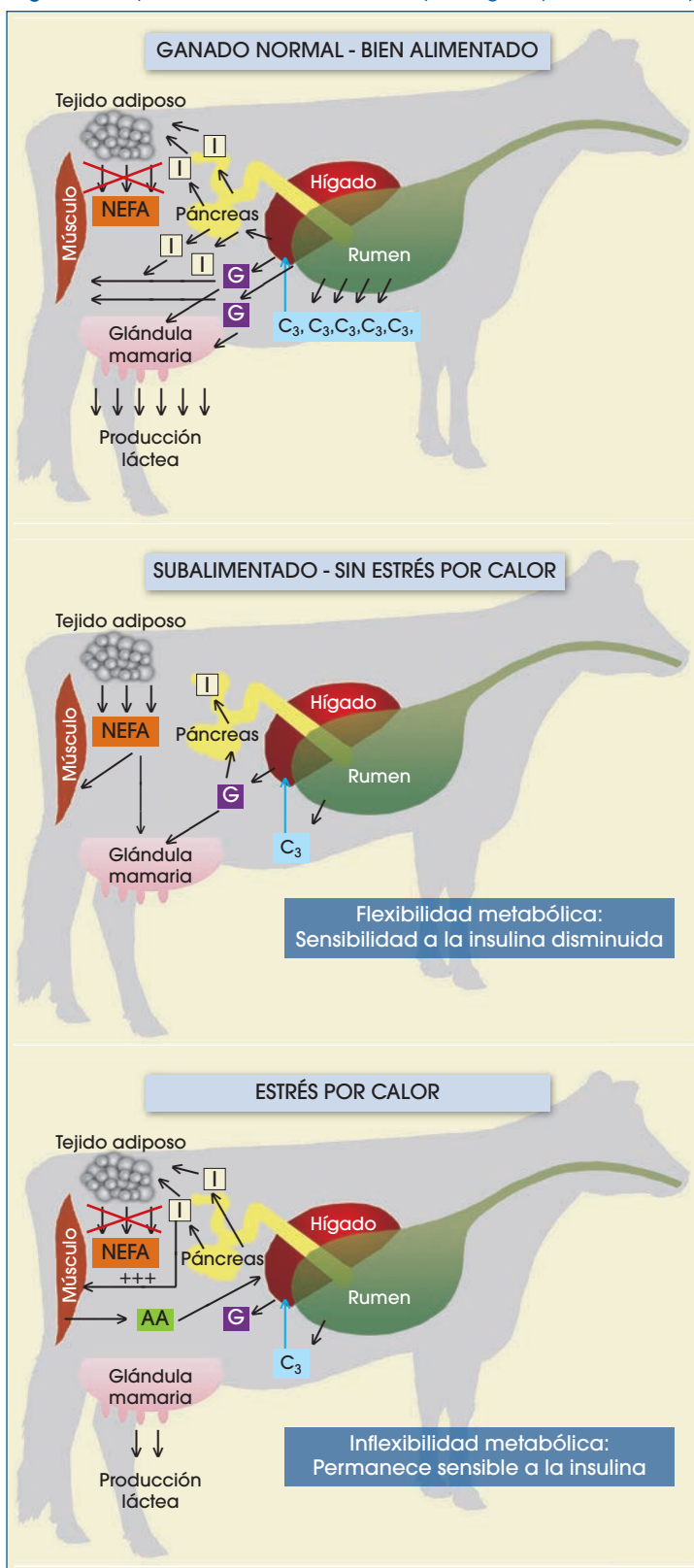
- El descenso del consumo de alimento
- La reducción de la actividad metabólica asociada a una menor secreción de somatotropina, lo que origina un menor crecimiento, reduce la retención de nitrógeno y contribuye al menor rendimiento en leche.
- El menor flujo de nutrientes a la glándula mamaria a causa de la redistribución de la circulación sanguínea que concentra la sangre en la periferia del cuerpo tratando de facilitar la evacuación del calor corporal.

La disminución de la producción de leche motivada por el EC es más acusada en vacas que se encuentran en las fases media o final de lactación, puesto que la liberación de calor es doble cuando la leche se sintetiza a partir del alimento que cuando se produce a partir de la movilización de grasas corporales, como sucede fundamentalmente en la primera fase de la lactación.

Como se ha señalado anteriormente, cuando las vacas están sometidas a estrés térmico la ingestión de alimento disminuye. Simultáneamente, las necesidades de mantenimiento se incrementan debido a la activación del sistema termoregulatorio: el animal necesita consumir energía para mantener la temperatura corporal, energía que ya no está disponible para producir leche. Se estima que un EC de medio a severo incrementa estas necesidades de mantenimiento entre un 7 y un 25 %. El menor nivel de consumo y el aumento de los costes energéticos de mantenimiento de las vacas con EC conduce a suponer que el animal no cubre su demanda energética, lo que provoca su entrada en balance energético negativo (BEN), a pesar del descenso de la producción experimentado. Sin embargo, a pesar de este BEN, no hay un elevado nivel de ácidos grasos no esterificados (NEFA, en sus siglas en inglés) en sangre, lo que indica que no hay movilización del tejido adiposo, tal y como sucede cuando las vacas están en esta misma situación energética (por ejemplo, al inicio de la lactación) pero en condiciones termoneutras (Figura 2).

En condiciones termoneutras, la vaca en situación de BEN es "metabólicamente flexible" y dispone de fuentes alternativas de glucosa (NEFA y cuerpos cetónicos), que puede ser utilizada profusamente por la glándula mamaria para sintetizar leche. La disponibilidad de glucosa es mayor en las vacas estresadas por calor que en las que no lo están, teniendo una mayor secreción de insulina ante este alto nivel de glucosa. La insulina es un potente antilipolítico y el principal responsable de la entrada de glucosa en la célula. La acción de la insulina provoca que la vaca en EC sea metabólicamente inflexible, no teniendo el animal la opción de oxidar ácidos grasos y cuerpos cetónicos. Como consecuencia, la vaca estresada tiene una mayor dependencia de la glucosa para cubrir sus necesidades energéticas y, por tanto, dispone de menos glucosa para la síntesis de leche.

Figura 2. Respuestas metabólicas al BEN (Baumgard y Rhoads, 2007)



Las vacas bien alimentadas utilizan como fuente de energía preferentemente el acético generado en el rumen. Sin embargo, cuando están en fase de BEN dependen sobre todo de los NEFA para obtenerla. Por lo tanto, parece que el metabolismo post-absorción de una vaca con EC difiere considerablemente de la que está en condiciones termoneutras, incluso aunque estén en un estado energético negativo similar. Este cambio en el metabolismo en una situación de BEN y el incremento

## El estrés calórico (3): Síntomas y consecuencias

de sensibilidad a la insulina es probablemente un mecanismo por el que las vacas disminuyen la producción de calor metabólico, ya que, desde este punto de vista, la oxidación de la glucosa es más favorable que la de los ácidos grasos al generar menos calor (472, kcal/mol vs 1.814 kcal/mol). A pesar de que el contenido energético de los lípidos es mucho mayor, la oxidación de los ácidos grasos genera más calor metabólico (2 kcal/g) en comparación a la glucosa, por lo que la respuesta del organismo en situaciones de calor de impedir la movilización del tejido adiposo y favorecer el uso de la glucosa constituye una estrategia de aquél para minimizar la producción de calor metabólico.

Por ello, las vacas son menos capaces de afrontar el EC cuando se encuentran en una fase temprana de la lactación, en la que ya de por sí están en una situación de BEN y, adicionalmente, el calor está inhibiendo la posibilidad de captar energía del tejido adiposo. Como consecuencia, las vacas que paren en verano producen menos leche que las que paren en invierno. Como el pico de lactación también es más bajo, la producción global de la lactación completa también será, en general, más baja.

A mitad de la lactancia, después del pico de producción, es cuando las vacas tienen mayor riesgo de sufrir EC y de que eso les cause daños. En ese momento todos los procesos de producción de calor están en su nivel más alto. Las vacas están manteniendo su producción de leche, pero ahora están sosteniendo mayor ingestión de alimento, recuperando el peso corporal perdido durante el inicio de la lactancia y, además, lo normal es que estén preñadas.

Las vacas que sufrieron EC durante el período anterior al parto también ven reducida su producción posterior un 10-12% (Tabla 1) como resultado de una menor masa de la placenta y la alteración de las funciones endocrinas de ésta.

**Tabla 1. Efecto del EC en preparto sobre la producción de leche (día 150 postparto) (Wolfenson y col., 1988)**

Nº Lactación	Sin EC	Con EC
2	37,80	38,30
3	41,13	38,48
4+	43,82	36,48
Media	40,90	37,39

El calor afecta más a las vacas de alta producción debido a que la zona termoneutra se desplaza hacia la zona térmica más baja según se incrementa la producción de leche y el consumo de alimento y, con ello, la producción de calor, asumiendo que los mecanismos de eliminación de calor son similares en ambos tipos de vacas. El continuo progreso genético sugiere que la producción de leche seguirá aumentando y, con ello, los efectos negativos del EC sobre las vacas del futuro.

La disminución del consumo voluntario de materia seca durante los períodos de EC puede provocar también la disminución de la cantidad de proteína requerida por el animal, situación que puede exacerbarse con dietas donde la fibra y/o los carbohidratos muy fermentables están presentes en cantidades excesivas, lo que puede llevar a una menor concentración de nitrógeno ruminal que la requerida por la población microbiana.

Bajo estrés por calor, a medida que aumenta la

concentración de proteína (>19 %) y su degradabilidad en rumen (>55 %), la producción de leche tiende a disminuir, respuesta que puede explicarse porque las vacas con EC tienden a desaminar más proteínas para obtener energía extra. La posterior transformación del amonio a urea, producto de la desaminación, tiene un costo energético importante para el animal.

Si en las dietas se suministran niveles altos de proteínas degradables en el rumen sin una fuente paralela de carbohidratos fácilmente fermentables (azúcares, almidón), el animal necesitará energía suplementaria para metabolizar los excesos de urea que se forman por el amoníaco liberado y absorbido en el rumen. La consecuencia principal de este desequilibrio es la disminución de la proteína microbiana, principal fuente de aminoácidos para la síntesis de proteína láctea. Cuando se modifica el ambiente para mitigar el calor, el impacto negativo del nivel y la degradabilidad de las proteínas sobre la producción podría ser menor.

El EC reduce tanto el consumo como la producción de leche y esta disminución de la ingestión de nutrientes se ha identificado como la principal causa de la reducción de la síntesis de leche. Sin embargo, cuánto contribuye la reducción del consumo a la menor producción de leche no se conoce aún. Algunos estudios señalan que la reducción de la ingestión de materia seca explicaría únicamente del 40 al 50 % de la disminución de la producción de leche cuando las vacas están sometidas a EC y que el 50-60 % restante debe ser explicado por otros cambios inducidos por el calor, como los explicados anteriormente.

### Efectos en la composición de la leche

Temperaturas por encima de 24 °C provocan un descenso en los porcentajes de sólidos no grasos, de proteína, de lactosa y de grasa. Dada su implicación en la regulación osmótica, el efecto de la temperatura sobre el contenido en lactosa y en minerales de la leche es mucho menor que sobre el rendimiento en grasa y en proteína, los cuales guardan una estrecha relación con la reducción de la proporción de acetato en el rumen y la ligera disminución del pH ruminal cuando la vaca experimenta EC (40 °C). La disminución del porcentaje de grasa y proteína puede estar en torno al 0,2-0,4 %.

La depresión del porcentaje de grasa durante el verano puede explicarse más fácilmente por el EC, puesto que es causada por un metabolito producto de la hidrogenación incompleta de los ácidos grasos en el rumen. Esto puede ser originado por un buen número de cosas que influyen en el proceso de fermentación, como la falta de fibra efectiva y alimentación con cantidades excesivas de grano o grasa vegetal. La disminución de la rumia, la alteración de los patrones de consumo de alimento y la pérdida de saliva a través del jadeo tienen también un efecto directo.

También se incrementan los conteos celulares y bacterianos en la leche durante los meses calurosos, lo cual se asocia a una depresión del sistema inmunitario relacionado con el EC, combinado con la exposición de las vacas a un ambiente con mayor nivel patogénico.

### Efectos en la reproducción

La reducción del calor metabólico con que las vacas tratan de mantener el equilibrio térmico tiene también efecto a través del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas, resultando en una disminución de la secreción de estrógenos.

## El estrés calórico (3): Síntomas y consecuencias

La alteración de la función reproductora es la consecuencia lógica de:

- Una menor expresión del celo, provocada, en parte, por el aletargamiento de las vacas,
- la inhibición del desarrollo folicular debido a la menor secreción de hormona LH, lo que explica la menor calidad de los óvulos desprendidos y la consiguiente merma de la fertilidad,
- la viabilidad de los espermatozoides, sensibles a la elevación de la temperatura del tracto genital de las hembras,
- la menor viabilidad embrionaria por resultar la hipertermia letal para los embriones en sus dos primeros días de crecimiento,
- el crecimiento fetal comprometido por el menor flujo sanguíneo y, por tanto, menor llegada de nutrientes plasmáticos a la placenta, debido a la comentada redistribución del flujo sanguíneo,
- la gestación puede acortarse con el fin de evitar la sobrecarga de calor que supone el incremento térmico de la gestación, y
- la calidad del calostro, cuyo contenido en proteína y en inmunoglobulinas es menor en vacas sometidas a EC durante las tres últimas semanas de gestación. Ello puede tener consecuencias graves sobre la viabilidad de los terneros recién nacidos.

El mayor flujo de sangre a la piel supone también un menor flujo a los órganos del aparato reproductor y a las células responsables de la síntesis de hormonas reproductivas como los estrógenos, por lo que también hay menos posibilidades de expresar el estro, además de aumentar las pérdidas embrionarias debido al incremento de la temperatura corporal de la vaca.

Los efectos del estrés por calor sobre la reproducción de las vacas se manifiestan, por tanto, a tres niveles:

1. Menor duración del celo
2. Menor tasa de concepción
3. Mayor mortalidad embrionaria

La eficiencia en la **detección del celo** se define como el número de vacas en celo que son identificadas como tales respecto al número de vacas que están en esta situación fisiológica. Es habitual que la detección de celos se realice mientras se desarrollan otras tareas, lo que constituye un serio problema ya que las vacas rara vez manifiestan el celo de forma evidente mientras están comiendo, descansando o en ordeño.

Durante la época de calor hay una gran proporción de celos de corta duración, lo que dificulta aún más la detección.

La dinámica folicular también se ve alterada debido a los cambios hormonales que sufre el animal en períodos de estrés por calor. En estas épocas, el folículo dominante no se diferencia excesivamente de los folículos subordinados de mayor tamaño, debido a un aumento de la hormona FSH, por lo que el óvulo resultante será de peor calidad



que el óvulo de épocas más frías. Además, el folículo dominante no será capaz de secretar tanto estradiol (estrógeno) como en otros períodos, provocando una expresión del estro muy inferior, e incluso se incrementa la incidencia de estros silenciosos. Todo este conjunto de cambios provoca que la fertilidad sea muy inferior en los meses de verano.

El EC perjudica la tasa de concepción (Tabla 2) en animales cuyos celos fueron detectados, que no guarda relación con el aumento de producción salvo en las vacas inseminadas durante el período cálido. También se han encontrado diferencias en la tasa de concepción según el tamaño del rebaño, con una mayor caída en las granjas de menor tamaño, lo que podría explicarse parcialmente por la menor implementación de sistemas de refrigeración en estas explotaciones más pequeñas.

Según algunos estudios recientes, por cada unidad que se incrementa el ITH la tasa de gestación disminuye el 0,7 %. La tasa de concepción se redujo con ITH  $\geq 72$  y el efecto fue aún más severo con ITH  $> 78$ , excepto en vacas de menor producción (7.000 l). Las vacas multíparas también tuvieron menor tasa de concepción que las nulíparas con ITH  $> 72$  durante el día de la inseminación.

La mayoría de los trabajos señalan la relación entre la tasa de concepción con la temperatura uterina. Un aumento de 1,8 °C conduce a una reducción significativa de aquélla. Durante el estrés por calor hay un menor flujo de sangre hacia el útero y como la pérdida de calor desde el útero depende de este flujo, su disminución provocaría un aumento de la temperatura uterina.

Cuando la vaca sufre EC se dañan sus folículos y los óvulos que estará ovulando en los 40 a 50 días siguientes. Esta es la razón por la que se observa un incremento de fertilidad cuando el otoño ya está muy avanzado. Esto mismo puede decirse cuando la vaca inicia una reducción de fertilidad en el verano; lo más probable es que haya estado bajo EC 40 a 50 días antes.

Debido a la falta de preñeces durante el verano, muchas granjas experimentan un aumento de las mismas en el otoño, lo que provoca el nacimiento de muchas beceras en el verano siguiente, causando problemas con la capacidad de las instalaciones y el flujo de vacas.

La menor tasa de éxito reproductivo debido al calor también se explica en gran medida por la

**Tabla 2.** Datos reproductivos según manejo en preparto (Wiesman y Armstrong, 1989; tomado de Mújica, 2005)

Granja	IA por concepción		Preñeces en 1° y 2° servicio (%)		Vacas desechadas por problemas reproductivos (%)	
	Con refrig.	Control	Con refrig.	Control	Con refrig.	Control
1	2,30	2,60	63	55	2	16
2	3,34	4,46	30	27	16	27
3	3,63	3,98	40	34	5	14



mortalidad embrionaria temprana. No se conocen los motivos exactos por los que entre el 30 y el 40 % de los embriones mueren antes del día 50 de gestación. Las causas podrían encontrarse en el desequilibrio entre la progesterona, el estradiol y las prostaglandinas debido al calor.

Gran parte de las pérdidas de gestación se producen durante el período embrionario inicial, entre los 10 y 16 días tras la inseminación. Las pérdidas fetales durante el período fetal temprano (45-69 días de gestación) superiores al 10 % son habituales y de origen multifactorial (Figura 3).

Se ha podido observar que el estrés por calor tiene un efecto directo sobre este tipo de pérdidas. Por lo tanto, el período periimplantacional es de gran importancia para el mantenimiento de la gestación, debiéndose evitar picos de estrés por calor en animales altamente productores.

También se sabe que una temperatura corporal por encima de los 40 °C, sobre todo en los tres primeros días de gestación, provoca un marcado incremento de las muertes embrionarias, lo que puede mitigarse en gran medida refrescando a las vacas.

El EC durante el periodo seco reduce el flujo sanguíneo al útero y compromete, por tanto, el desarrollo normal del feto. También el calor ambiental restringe aún más la ingesta de alimentos, haciéndolos más vulnerables. El resultado es el nacimiento de terneros de menor tamaño, menos viables y, frecuentemente, con una menor capacidad de absorción de inmunoglobulinas. También la cantidad y calidad del calostro es menor, pues el EC acorta la gestación y el calostro se sintetiza en las últimas semanas de preñez.

Las vacas que paren en la época de calor tienen el doble de posibilidades de sufrir retención de placenta y metritis por parto, teniendo también una gestación algo más corta (273 vs 279 días) las vacas que habían experimentado estas anomalías. La Tabla 3 resume las diferencias en rendimientos productivos obtenidos en Israel para diferentes niveles de producción y estación del año.

#### Respuestas de comportamiento

Cuando los animales están sometidos a EC también se producen cambios en las pautas normales de conducta, como las de postura, movimiento y consumo de alimentos. En definitiva, el animal modifica su comportamiento habitual para tratar de

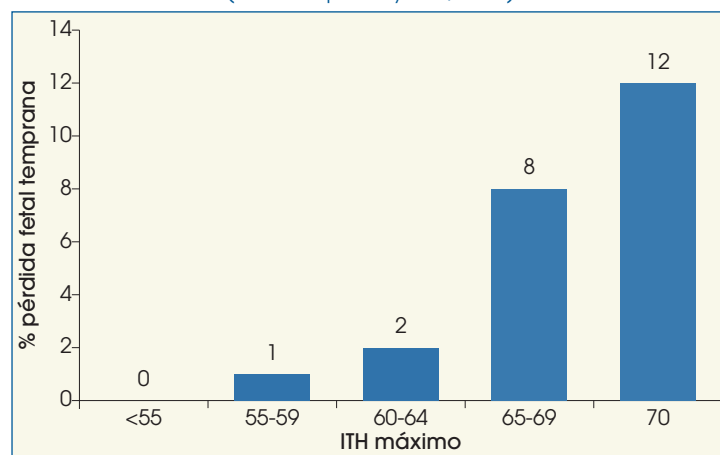
reducir la producción de calor y favorecer su eliminación y evitar su acumulación. Siempre insistiremos que la observación del ganado es muy importante para detectar anomalías precozmente. También en este caso, la observación de la conducta de las vacas constituye una valiosa herramienta para ayudar a determinar el grado de estrés que sufren los animales en un determinado ambiente.

Podemos señalar una relación de modificaciones de conducta frente al EC, en orden creciente:

1. Alineación del cuerpo con la dirección de la radiación.
2. Búsqueda de sombra.
3. Evitan tumbarse.
4. Reducción del consumo.
5. Agrupamiento alrededor de charcas y bebederos.
6. Se salpican el cuerpo.
7. Estado de agitación e intranquilidad.
8. Disminución o interrupción de la rumia.
9. Búsqueda de la sombra de otros animales
10. Mantienen la boca abierta y respiran con dificultad.
11. Salivación excesiva.
12. Evitan moverse.
13. Colapso, convulsiones, coma, fallo fisiológico y muerte.

Algunos de estos cambios conductuales sólo se presentan en animales en pastoreo o al aire libre. Generalmente los primeros síntomas a los que se presta atención son los que se señalan en 10 y 11, cuando el nivel de estrés ya es demasiado alto, y que ya han sido comentados. Se deben tener en cuenta estas señales puesto que los animales tam-

**Figura 3.** Porcentaje de pérdidas fetales tempranas para diferentes ITH máximos en los días 21-30 de gestación (García-Ispuerto y col., 2006)



**Tabla 3.** Índice de rendimiento Verano/Invierno en rebaños de diferente nivel de producción (Flamenbaum, 2007)

Parámetro	Nivel de producción		
	Bajo	Mediano	Alto
Producción (kg/día)	30,2	33,1	35,2
Relación V/I	0,82	0,93	1,03
Relación % grasa	0,94	0,94	0,94
Relación % proteína	0,95	0,95	0,96
Relación RCS	1,47	1,16	0,87
Tasa de concepción en invierno (%)	0,44	0,45	0,46
Tasa de concepción en verano (%)	0,17	0,23	0,29
Número de rebaños	36	607	43

## El estrés calórico (3): Síntomas y consecuencias



bién presentan diferentes prioridades en ambientes adversos, que son:

1. Equilibrio de fluidos corporales
2. Normalidad de la temperatura corporal
3. Crecimiento
4. Producción de leche
5. Reproducción.

Es decir, ante una situación de EC lo primero que se verá afectado es la reproducción, que es la última en el orden de prioridad y la que no es prioritaria para mantener con vida al animal.

Con el fin de maximizar las pérdidas de calor, las vacas a menudo permanecen más tiempo de pie para incrementar la superficie expuesta al aire. La

mayor incidencia de nuevos casos de cojeras sucede cuando el ganado permanece levantado más del 45 % del tiempo diario.

Paralelamente, numerosos estudios demuestran que el menor tiempo de descanso lleva consigo una disminución de la producción de leche. Por tanto, que las vacas permanezcan durante más tiempo levantadas supone un síntoma adicional de EC.

Este menor tiempo de descanso puede ser un factor conducente al aumento de lesiones de pezuñas. También se observa un aumento del tiempo que las vacas permanecen de pie en los cubículos, sobre todo las vacas cojas, que sienten dolor cuando se tumban y se levantan y que, por ello, tratan de disminuir estos movimientos. Al mismo tiempo, permanecen de pie en lugar de echadas en un intento de eliminar calor. También prefieren estar de pie sobre una superficie más mullida, como es la del cubículo, que la más dura del pasillo, lo que también dificulta el acercamiento de estas vacas al comedero, donde suele estar instalado el sistema de refrigeración mediante aspersores. El tiempo de pie en el pasillo aumenta a lo largo del verano, probablemente debido al incremento de los casos y severidad de laminitis que se produce típicamente en esta época.

A modo de resumen, el siguiente esquema sintetiza los negativos efectos del calor que se han explicado en las páginas anteriores (Figura 4).

Figura 4. Esquema de los efectos fisiológicos y conductuales del

