

Efectos del estrés calórico en vacas lecheras

Introducción

Cuando el lector lea estas líneas ya habrán transcurrido varias semanas del verano, y habrá podido comprobar in situ los efectos del calor sobre estos animales. Hace un par de años (Frisona nº 196) publicábamos un trabajo sobre el estrés térmico en las vacas lecheras donde abordábamos, principalmente, los mecanismos de eliminación de calor por parte del animal y las “herramientas” de las que disponemos para reducir la producción y la ganancia de calor por parte del animal, así como para aumentar su eliminación de calor y tratar de evitar, o al menos limitar, las consecuencias negativas de este estrés.

Precisamente, en el presente artículo queremos describir cuáles son los efectos del estrés calórico sobre la vaca lechera, tanto conductual y fisiológico como productivo y, por tanto, económico.

Respuestas y consecuencias fisiológicas

El animal necesita disponer de mecanismos para poder mantener el equilibrio térmico y responder con rapidez para poder compensar los cambios en la producción de calor. En respuesta al estrés calórico (en adelante EC), la vaca lechera pone en marcha mecanismos físicos, bioquímicos y fisiológicos para tratar de contrarrestar los efectos negativos de aquél y mantener el equilibrio térmico. Estos ajustes buscan la disipación de calor y reducir la producción de calor metabólico.

La respuesta de las vacas al EC sucede en una progresión de pasos (que dependen de la severidad y duración del estrés) que se presentan secuencialmente. Las principales respuestas fisiológicas del animal a este estrés son las siguientes:

- Aumento de ritmo respiratorio.
- Mayor sudoración del ganado.
- Aumento de la temperatura corporal.
- Aumento considerable del consumo de agua.
- Menor consumo de alimento sólido.
- Menor rendimiento productivo.
- Mayor incidencia de cojeras por estar los animales más tiempo de pie y por la mayor incidencia de acidosis ruminal.
- Empeoramiento de los parámetros reproductivos (celos silenciosos, muertes embrionarias, menor tasa de concepción, menor peso del ternero al nacimiento, etc.).
- Cambios en las concentraciones hormonales en



sangre.

- Redistribución del flujo global de sangre, dirigiéndose hacia la piel para paliar los efectos del calor.
- Reducción de la tasa de formación de leucocitos y linfocitos, lo que supone una pérdida de capacidad inmunológica y, en definitiva, un debilitamiento del estado de salud.

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.

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 la razas tropicales tienen una mayor densidad de glándulas sudoríparas (1.698/cm² en cebú) frente a 1.064/cm² en la raza Shortorn (Dowling, 1955), además de estar más cerca de la superficie de la piel.

Aumento del ritmo respiratorio.

El incremento de la actividad respiratoria suele ser la primera respuesta visible al EC. 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

Antonio Callejo Ramos. Dr. Ingeniero Agrónomo
Dpto. de Producción Agraria-E.T.S.I.A.A.B.-UPM
antonio.callejo@upm.es

a 115 respiraciones por minuto con un volumen expirado de 300 litros (Johnston y col., 1959). 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 CO₂ del plasma sanguíneo (Bianca y Findley, 1962; Schneider y col., 1988).

El aumento de la frecuencia respiratoria no indica necesariamente que los animales mantengan satisfactoriamente el equilibrio térmico sino que se-



ñala 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 CO₂ 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 (HCO₃). Con mayor producción de CO₂ y más HCO₃ 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, incrementando así el riesgo de acidosis ruminal.

Cambios en el flujo sanguíneo vascular

Cuando la vaca empieza a "acumular" calor¹ se produce una redistribución de la sangre a la periferia del cuerpo en un intento de disipar la energía interna. 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 reci-

bida. Asimismo, el mayor flujo sanguíneo a la piel está positivamente correlacionado con el nivel de sudoración (Blázquez y col., 1994).

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 producción de calor asociada a su digestión y posterior asimilación de sus componentes; cuanto más alto sea el ITH (más °F y HR) más intensa será la disminución del consumo. También disminuye 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, teniendo en cuenta que algunas de las funciones más básicas de mantenimiento del organismo (respiratoria y cardíaca) se encuentran aceleradas y, con ello, la correspondiente producción de calor.

Durante el EC la digestión se ve alterada debido a que la función gástrica se ralentiza por falta de flujo sanguíneo suficiente hacia los estómagos. Esto disminuye la velocidad de tránsito del alimento en el 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, donde se absorben 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 (AGV) en el rumen provoca una caída del pH ruminal, de 6,0 a 5,7 o menos. Esto provoca acidosis, lo que impacta negativamente en las bacterias que digieren la fibra, reduciéndose su fermentación. 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 menor velocidad de tránsito digestivo. 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 AGV 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 (Kadzere y col., 2002). 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 estimu-

¹ Es decir, cuando gana más calor del que puede perder

Efectos del estrés calórico en vacas lecheras

lación 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. (McDowell, 1972).

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.

Cuánto contribuye la reducción del consumo a la menor producción de leche no se conoce aún. Trabajos de Baumgard y Rhoads (2006) 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 que se explican a continuación.

Disminución de la producción

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 aumento en sus necesidades energéticas de mantenimiento, lo que se atribuye a la elevación de los ritmos cardíaco y respiratorio para impulsar la eliminación de calor y tratar de mantener su temperatura corporal. El verdadero problema se da cuando se llega a un estado de hipertermia, es decir, al EC y el organismo reacciona promoviendo una reducción de la producción de calor que garantiza la supervivencia del animal.

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

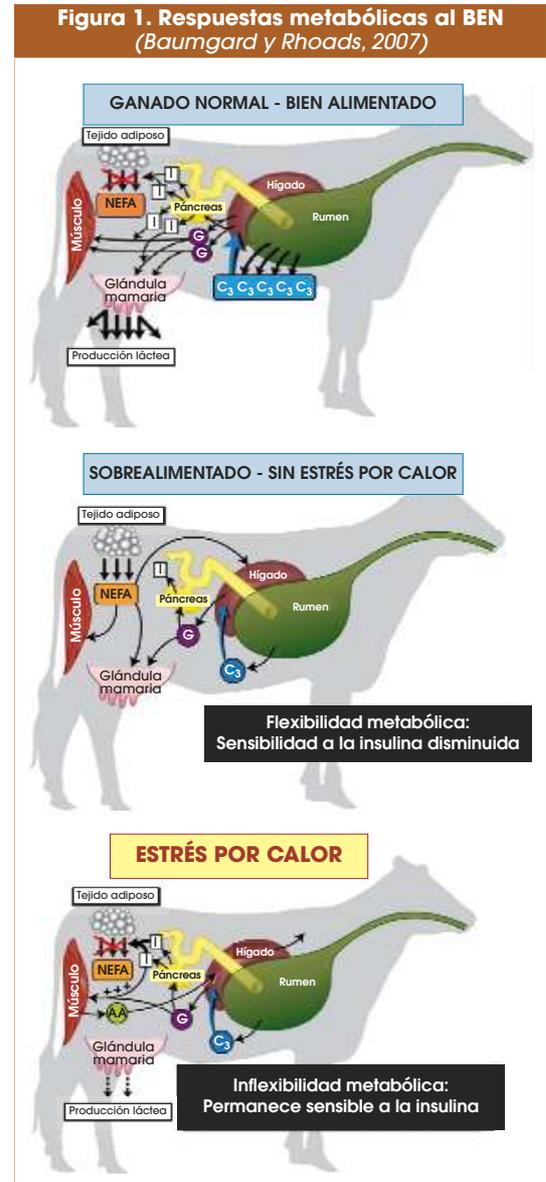
- El descenso del consumo de alimento.
- La reducción de la actividad metabólica asociada a una menor secreción de somatotropina, lo que origina un menor crecimiento, reduce la retención de nitrógeno y contribuye al menor rendimiento en leche.
- El menor flujo de nutrientes a la glándula mamaria a causa 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 mayor 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.

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, lo que sucede cuando las vacas están en esta misma situación energética

(por ejemplo, al inicio de la lactación) pero en condiciones termoneutras (Figura 1).

En condiciones termoneutras, la vaca en situa-



ción 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.

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 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) (Baldwin y col., 1980). A pesar de que el contenido energético de los lípidos es mucho mayor, la oxidación de los ácidos grasos también 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 (Baumgard y Rhoads, 2008).

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 (Barash y col., 1996). 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 que el EC 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.

El calor afecta más a las vacas de alta producción debido a que la zona termoneutra se desplaza hacia valores térmicos más bajos según se incrementa la producción de leche y el consumo de alimento y, con ello, la producción de calor (Coppock y col., 1982), asumiendo que los mecanismos de eliminación de calor sean 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 ingerida 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 (Taylor y col., 1991), 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 adicional 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 síntesis de

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 de la degradabilidad de las proteínas sobre la producción podría ser menor (Taylor y col., 1991)

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. La disminución del porcentaje de grasa y proteína puede estar en torno al 0,2-0,4% (Flaumenbaum y Galon, 2010).

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 o la alimentación con cantidades excesivas de grano o de 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 (Greenfield y Rasmussen, 2009).

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 patológico.



Efectos en la reproducción

La reducción del calor metabólico con que las vacas tratan de mantener el equilibrio térmico también resulta en una disminución de la secreción de estrógenos, alterándose la función reproductora, lo que es consecuencia lógica de:

- Una menor expresión del celo, provocada en parte por el aletargamiento de las vacas y por el menor flujo sanguíneo a las células donde se sintetizan las hormonas reproductivas como los estrógenos.
- 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 menor 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.

Efectos del estrés calórico en vacas lecheras

- 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.

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

1. Menor duración del celo, lo que dificulta aún más su detección.
2. Menor tasa de concepción.
3. Mayor mortalidad embrionaria

El EC perjudica la **tasa de concepción** (Tabla 1) en animales cuyos celos fueron detectados durante el período cálido (López-Gatius, 2003). 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 (Flamenbaum y Galon, 2010).

Por cada unidad que se incrementa el ITH sobre el valor 72, la tasa de gestación disminuye el 0,7% (Lozano y col., 2005), 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 también la

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 becerras 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 **mortalidad embrionaria** temprana (Nardone y col., 2006), entre los 10 y 16 días tras la inseminación. Las pérdidas fetales superiores al 10% durante el período fetal temprano (45-69 días de gestación) son habituales y de origen multifactorial. 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 (García-Ispierto y col., 2008) (Figura 2).

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 (Ealy y col., 1995), lo que puede mitigarse en gran medida refrescando a las vacas (De Rensis y Scaramuzzi, 2003) 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 (Collier y col., 1982; Wolfenson y col., 1988), menos viables y, frecuentemente, con una menor capacidad de absorción de inmunoglobulinas (Shearer y col., 1999).

Las vacas que paren en la época de calor tienen el doble de posibilidades de sufrir retención de placenta y metritis por parto (Du Bois y William, 1980), teniendo también una gestación algo más corta (273 vs 279 días) las vacas que habían experimentado estas anomalías. La Tabla 2 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 modifican su comportamiento habitual para tratar de reducir la producción de calor y favorecer su elimi-

Tabla 1. Datos reproductivos según manejo en parto (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
2	3,34	4,46	30	27	16	27
3	3,63	3,98	40	34	5	14

relación entre la tasa de concepción con la temperatura uterina. Un aumento de 1,8 °C en ésta conduce a una reducción significativa de aquélla (Gwazdauskas y col., 1973; McLean, 1991). Durante el estrés por calor hay un menor flujo de sangre hacia el útero y como la pérdida de calor desde el

Figura 2. Porcentaje de pérdidas fetales tempranas para diferentes ITH máximos en los días 21-30 de gestación (García-Ispierto y col., 2006)



Tabla 2. 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

nación y evitar su acumulación. 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. Davison y col. (1996) indicaron una relación de modificaciones de conducta frente al EC, en orden creciente:

1. Alinean del cuerpo con la dirección de la radiación.
2. Buscan sombra.
3. Evitan tumbarse.
4. Reducen el consumo.
5. Se amontonan alrededor de charcas.
6. Se salpican el cuerpo.
7. Presentan estado de agitación e intranquilidad.
8. Disminuyen o interrumpen la rumia.
9. Buscan la sombra de otros animales.
10. Mantienen la boca abierta y respiran con dificultad.
11. Salivan excesivamente.
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 también presentan diferentes prioridades fisiológicas en ambientes adversos:

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.

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 (Igono y col., 1982; Anderson y col., 2012; Smith y col., 2012). La mayor incidencia de nuevos casos de cojeras sucede cuando el ganado permanece levantado más del 45% del tiempo diario (Galindo y Broom, 2000).

Tanto Leonard y col. (1996) como posteriormente Privolo y Riva (2009) señalaron una correlación negativa entre el tiempo de descanso y la incidencia de cojeras (mayor descanso, menos cojeras), así como entre aquél y el ITH (mayor ITH, menos descanso). Paralelamente, numerosos estudios demuestran que el menor tiempo de descanso lleva consigo una disminución de la producción de leche (Grant, 2007; Bach, 2008). Por tanto, que las

vacas permanezcan durante más tiempo levantadas supone un síntoma adicional de EC (Allen y col., 2012).

Resultados similares fueron señalados por Cook y col. (2007), en cuyo trabajo las vacas en situación de EC (ITH=73,8) permanecieron más tiempo de pie que las que no estaban en dicha situación (ITH=56,2), lo que pudo reducir el tiempo de descanso en casi 3 horas al día. Este menor tiempo de descanso supone un factor de 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.

Consecuencias económicas del EC



Las valoraciones efectuadas en Estados Unidos sobre las pérdidas económicas que supone que una buena parte del país esté sometido a periodos más o menos prolongados de altas temperaturas, indican un coste de 100\$/vaca y año en granjas con modernos sistemas de mitigación de calor y económicamente óptimos. Coste que aumenta a 167\$/vaca y año en las explotaciones que no cuentan con estos sistemas, incluyéndose en este análisis los efectos del EC sobre el consumo de materia seca (MS), producción de leche, reproducción, descarte y muerte de ganado joven y de vacas adultas. En el conjunto de la industria lechera estadounidense se consideran unas pérdidas anuales de 900 millones de dólares por EC. En la Tabla 3 se sintetizan los resultados obtenidos en algunos Estados de los EE.UU, observándose las grandes dife-

Tabla 3. Estimación de pérdidas en producción y económicas en vacas lecheras y duración y amplitud de los períodos de EC bajo intensidades mínimas de mitigación de calor en 7 Estados de EE.UU.
(St.Pierre y col., 2003, tomado de De Vries, 2012).

Estado	Reducción de consumo (kg MS/vaca y año)	Reducción de producción de leche (kg/vaca y año)	Aumento promedio de días abiertos	Aumento en descartes reproductivos (%)	Aumento de mortalidad (%)	Horas de EC/año (%)
Wisconsin	90	185	9	0,6	0,1	9
California	145	295	12	0,9	0,2	12
Nuevo México	170	340	23	2,2	0,5	20
Arizona	360	730	26	2,5	0,5	22
Kentucky	500	810	27	2,7	0,6	21
Florida	895	1800	59	8,0	1,7	49
Texas	995	2000	54	7,4	1,6	36

Efectos del estrés calórico en vacas lecheras

Figura 3. Representación esquemática de algunos factores involucrados en el estrés térmico y el posible impacto económico bajo condiciones severas de estrés por calor (Soler, 2009)



rencias que hay entre zonas frías. Como siempre, las cifras medias no permiten ver la verdadera magnitud del problema. Así, zonas como Florida y Texas, con un 49 y un 36% de las horas del año bajo EC (ITH>70), respectivamente, pueden alcanzar pérdidas económicas mucho mayores. En el caso de Florida, disponer de sistemas de refrigeración supone dividir entre 7 la pérdida de producción de leche respecto a no contar con él (De Vries, 2012). En Europa, las pérdidas pueden ser también

muy elevadas (Figura 3). A modo de resumen, el siguiente esquema sintetiza los negativos efectos del calor que se han explicado en las páginas anteriores (Figura 4).

La bibliografía de este artículo está disponible bajo petición al autor por correo electrónico.

Figura 4. Esquema de los efectos fisiológicos y conductuales del EC

