

## **LA PROBLEMATICA DEL ESTRES POR CALOR EN EL POLLO DE CARNE**

Henk Enting y Pedro Pérez de Ayala. Nutreco Poultry and Rabbit Research Centre, Casarrubios del Monte

### **Introducción**

Durante los periodos de temperatura elevada, los resultados zootécnicos de los broilers pueden empeorar y aumentar la mortalidad. Reece y Deaton (1971) estimaron que la temperatura para optimizar la ganancia de peso y el índice de conversión debe estar próxima a los 21 °C. Debido al aumento de la velocidad de crecimiento de los broilers con los años, las temperaturas que optimizan los rendimientos tienden a disminuir (Gous y Morris, 2005). Estos autores estimaron una temperatura óptima de 20 °C para los pollos de la década de 1970 y de 13 °C para los pollos del año 2004, sobre la base de una mayor velocidad de crecimiento y una producción de calor más alta. Esto indica que los broilers de la actualidad son más sensibles a las temperaturas elevadas, lo que aumenta la importancia de los cambios en el manejo y la alimentación durante los periodos de calor para prevenir pérdidas de sus rendimientos. Por otro lado, los pollos genéticamente magros parecen ser relativamente menos sensibles al calor que aquellos que tienden a depositar más grasa (Geraert *et al.*, 1993). Esto se traduce en una temperatura de confort para el pollo actual más elevada que la estimada por Gous y Morris. Sin embargo, investigación reciente indica que el pollo moderno es más sensible a las altas temperaturas que en el pasado y sufren más fácilmente por el estrés de calor (Lin *et al.*, 2006). En este trabajo se describe qué le ocurre al pollo durante el estrés por calor y las acciones que pueden llevarse a cabo desde la alimentación para paliar sus efectos, presentando algunos resultados obtenidos en el Poultry and Rabbit Research Centre de Nutreco.

### **Efectos del estrés por calor sobre los rendimientos productivos y el metabolismo de los broilers**

Numerosos estudios muestran que el consumo de alimento y la velocidad de crecimiento disminuyen cuando aumenta la temperatura. Austic (1985) estimó una bajada del consumo del 17% por cada 10 °C cuando la temperatura sube por encima de los 20 °C. Sin embargo, la bajada del crecimiento es generalmente superior a la bajada del consumo. Esto lo demostraron claramente Geraert *et al.* (1996a) cuando aumentaron la temperatura de 22 a 32 °C y suministraron a pollos alojados a 22 °C la misma cantidad de alimento que consumían los animales alojados a 32 °C (tabla 1). Esta disminución del crecimiento en relación a la del consumo fue mayor en el periodo de 4 a 6 semanas que en el de 2 a 4 semanas. Esto indica que los efectos negativos del calor sobre los rendimientos de los broilers claramente aumentan con la edad.

Tabla 1 Efecto del consumo de pienso y del estrés por calor en los rendimientos de pollos machos (Geraert *et al.*, 1996a)

Temperatura, °C	22	22	32
Nivel de alimentación	<i>ad libitum</i>	Restringido	<i>ad libitum</i>
Semanas 2-4			
Consumo de pienso, g/día	94.3 <sup>a</sup>	80.9 <sup>b</sup>	80.9 <sup>b</sup>
Ganancia de peso, g	705 <sup>a</sup>	614 <sup>b</sup>	580 <sup>b</sup>
IC	1.92	1.97	2.09
Semanas 4-6			
Consumo de pienso, g/día	154.9 <sup>a</sup>	117.4 <sup>b</sup>	118.3 <sup>b</sup>
Ganancia de peso, g	1115 <sup>a</sup>	845 <sup>b</sup>	659 <sup>c</sup>
IC	2.06 <sup>b</sup>	2.19 <sup>b</sup>	2.85 <sup>a</sup>

La relativamente mayor disminución de la ganancia de peso comparada con la del consumo de pienso, que se traduce en un aumento del índice de conversión, se debe a cambios producidos en el metabolismo de la energía y la proteína. A temperaturas normales, una bajada del consumo no produce cambios en el porcentaje de proteína corporal, mientras que el porcentaje de grasa corporal disminuye (tabla 2, Geraert *et al.*, 1996a). Sin embargo, la misma disminución del consumo provocada por el estrés por calor implica una disminución significativa del porcentaje de proteína y un aumento significativo del porcentaje de grasa corporales. Estos cambios parecen estar ocasionados por cambios de tipo hormonal (tabla 3). Geraert *et al.* (1996b) observaron que los niveles en plasma de las hormonas tiroideas triyodotironina (T3) y tiroxina (T4) disminuyen durante el estrés por calor. Estos cambios están asociados con un aumento de la utilización de la glucosa y una mayor deposición de lípidos por el tejido adiposo. Además, los cambios en el contenido de proteína indican cambios en su síntesis o degradación de la misma. Geraert *et al.* (1996b) formularon la hipótesis, sobre la base del nivel de aminoácidos en plasma, que los efectos del estrés por calor sobre los aminoácidos azufrados eran más importantes en pollos jóvenes que en otros más viejos, probablemente relacionado con un emplume más lento. Los cambios en el metabolismo de la grasa y la proteína también están ocasionados por un aumento del nivel de corticosterona en plasma durante el estrés por calor (tabla 3). La administración de corticosterona se traduce en un aumento de la degradación de proteína y de la deposición de grasa (Decuyper y Buyse, 1988). Los niveles aumentados de corticosterona también se han asociado con un empeoramiento del *status* inmune, que resulta en un aumento de la relación de heterófilos a linfocitos (Goddeeris y Mast, 1999). Según Khajavi *et al.* (2003), esto se debe a los efectos del estrés por calor *per se* y no a la disminución del consumo provocada por el mismo, como se muestra en la tabla 4.

Tabla 2 Efecto del consumo de pienso y del estrés por calor sobre la composición corporal de pollos machos de 6 semanas de edad (Geraert *et al.*, 1996a)

Temperatura, °C	22	22	32
Nivel de alimentación	<i>ad libitum</i>	restringido	<i>ad libitum</i>
Composición corporal, g/kg PV			
Proteína	164 <sup>a</sup>	162 <sup>a</sup>	151 <sup>b</sup>
Grasa	172 <sup>b</sup>	155 <sup>b</sup>	207 <sup>a</sup>

Tabla 3 Efecto del consumo de pienso y del estrés por calor sobre la concentración hormonal en plasma de pollos machos de 6 semanas de edad (Geraert *et al.*, 1996b)

Temperatura, °C	22	22	32
Nivel de alimentación	<i>ad libitum</i>	restringido	<i>ad libitum</i>
T3, nmol/l	3.51 <sup>a</sup>	3.59 <sup>a</sup>	1.47 <sup>b</sup>
T4, nmol/l	13.23 <sup>a</sup>	13.08 <sup>a</sup>	9.64 <sup>b</sup>
corticosterona, ng/mg	0.45 <sup>b</sup>	0.47 <sup>b</sup>	1.86 <sup>a</sup>

Tabla 4 Efecto de la temperatura y del nivel de alimentación entre 21 y 42 días de edad sobre la relación de heterófilos a linfocitos en broilers de 42 días de edad (Khajavi *et al.*, 2003)

Temperatura	Termoneutra	Estrés por calor
Nivel de alimentación restringido	0.39 <sup>b</sup>	0.40 <sup>b</sup>
<i>ad libitum</i>	0.44 <sup>b</sup>	1.21 <sup>a</sup>

Para aumentar la pérdida de calor, los broilers aumentan la frecuencia respiratoria, lo que requiere una cantidad de energía considerable, según Balnave y Brake (2005). Este consumo de energía para el jadeo puede ser también otro de los factores que explique el aumento del índice de conversión por el estrés por calor. El aumento de la frecuencia respiratoria puede inducir una alcalosis respiratoria, debido a que se emplea más H<sup>+</sup> en el cuerpo, junto con HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> para formar H<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub>. A mayor frecuencia respiratoria, más CO<sub>2</sub> se exhala. El empleo extra de H<sup>+</sup> para producir CO<sub>2</sub> resulta en un aumento del pH sanguíneo, que puede ocasionar un aumento de la mortalidad cuando las aves no son ya capaces de controlar el pH y la temperatura corporal. Belay *et al.* (1990) encontraron que el estrés por calor origina balances de sodio y potasio negativos. En concreto, la excreción de potasio aumenta con el estrés por calor (Belay *et al.*, 1992). El potasio y el sodio son importantes para mantener el pH plasmático y el volumen de fluido corporal (Zulfiki *et al.*, 2004).

## **Posibles estrategias para prevenir pérdidas de producción durante periodos de estrés por calor**

Conociendo algunos de los cambios que ocurren en el broiler durante periodos de altas temperaturas, existen algunas estrategias nutricionales que pueden ayudar a reducir los efectos negativos del estrés calórico sobre los rendimientos productivos y la mortalidad. Estas estrategias incluyen:

- una reducción de la producción de calor y un aumento de la eliminación del calor producido;
- concentrar la ración para compensar la bajada del consumo voluntario;
- reducir la concentración de corticosterona en el plasma y ayudar al sistema inmune;
- prevenir la inducción de alcalosis respiratoria;
- mantener la osmolaridad y la función celular.

A continuación se comentan brevemente estas estrategias.

### **Reducción de la producción de calor y aumento de la eliminación del calor producido**

El metabolismo de los nutrientes digeridos ocasiona una producción de calor y existen diferencias en esa producción para los distintos nutrientes. El metabolismo de la grasa genera menos calor que el de la misma cantidad de hidratos de carbono o proteína. Por este motivo se han realizado estudios para averiguar si los broilers pueden mantener su consumo durante el estrés por calor con un cambio de hidratos de carbono a grasa o una reducción del nivel de proteína del pienso.

Dale y Fuller (1979) aumentaron el nivel de grasa en raciones isoenergéticas y observaron que el consumo aumentaba ligeramente en broilers con estrés calórico cuando una parte mayor de las calorías las aportaba la grasa (tabla 5). La ganancia de peso mejoró de forma significativa con niveles altos de grasa. De todas formas, estos cambios también los observaron en broilers alojados en condiciones termoneutras, lo que indica que las mejoras fueron independientes de la temperatura ambiental.

El efecto de reducir el nivel de proteína del pienso en pollos con estrés calórico lo estudiaron Alleman y Leclercq (1997). Observaron que, a 22 °C, una reducción del nivel de proteína no afecta a la velocidad de crecimiento ni al porcentaje de pechuga (tabla 6). A 32 °C, la velocidad de crecimiento y el rendimiento en pechuga disminuyeron de forma significativa, indicando que la reducción de la proteína del pienso durante periodos de estrés calórico no es una buena medida para mejorar los rendimientos. Los resultados de Alleman y Leclercq (1997) indican más bien que hace falta aumentar la relación proteína – energía para mejorar los resultados durante periodos de estrés por calor.

Tabla 5 Efecto del nivel de grasa de la ración sobre los resultados zootécnicos de broilers de 4 a 7 semanas de edad, sometidos o no a estrés por calor (Dale y Fuller, 1979)

EMA, kcal/kg	3190	3190
% calorías de la grasa	12.6	33.6
31.1 °C		
Consumo, kg	1.73	1.76
Ganancia de peso, g	791 <sup>b</sup>	834 <sup>a</sup>
20.0 °C		
Consumo, kg	2.17	2.20
Ganancia de peso, g	1028 <sup>b</sup>	1081 <sup>a</sup>

Tabla 6 Efecto del nivel de proteína sobre los resultados y características de la canal de broilers de 23 a 44 días de edad (Alleman y Leclercq, 1997)

Temperatura	22 °C		32°C	
Proteína bruta, g/kg	160	200	160	200
Ganancia de peso, g	1783 <sup>a</sup>	1779 <sup>a</sup>	939 <sup>c</sup>	1118 <sup>b</sup>
Consumo, g	3256 <sup>c</sup>	3108 <sup>b</sup>	2279 <sup>a</sup>	2333 <sup>a</sup>
IC	1.811 <sup>c</sup>	1.772 <sup>d</sup>	2.413 <sup>d</sup>	2.194 <sup>b</sup>
Grasa abdominal <sup>1)</sup>	2.78 <sup>bc</sup>	2.20 <sup>c</sup>	3.77 <sup>a</sup>	3.24 <sup>b</sup>
Pechuga <sup>1)</sup>	14.7 <sup>a</sup>	15.4 <sup>a</sup>	12.1 <sup>c</sup>	13.5 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> en porcentaje del peso corporal

En vez de disminuir la producción de calor por parte del propio animal, existe la posibilidad de reducir la carga ganadera, para disminuir la producción total de calor en la nave. En general, los rendimientos de los pollos mejoran al reducir la densidad. El suministro del alimento en los periodos más frescos del día para evitar un aumento de la producción de calor del alimento ingerido durante los periodos más cálidos también ayuda a combatir los efectos negativos del estrés por calor (Gous y Morris, 2005; Lin *et al.*, 2006). Aumentar la velocidad del aire o la nebulización de agua sobre los animales son alternativas para eliminar o absorber el calor producido y que, por tanto, alivian a los pollos de la sensación de calor (Balnave y Brake, 2005; Lin *et al.*, 2006). El aporte de agua de bebida fría también es una forma de manejo para mejorar los rendimientos de los pollos durante épocas de calor, como han demostrado Beker y Teeter (tabla 7).

Tabla 7 Efecto de la temperatura del agua de bebida sobre los resultados de pollos expuestos a temperaturas oscilantes de 24-37 °C (Beker y Teeter, 1994)

Temperatura del agua, °C	10.0	26.7	43.3
Ganancia de peso, g/día	46 <sup>a</sup>	41 <sup>b</sup>	42 <sup>b</sup>
Consumo, g/día	107	106	103
IC	2.38	2.50	2.63
Mortalidad, %	11	10	11
Consumo de agua, ml/día	412 <sup>a</sup>	348 <sup>b</sup>	344 <sup>b</sup>

## Concentración de la ración para compensar el menor consumo de nutrientes

Aumentar la concentración de todos los nutrientes del pienso para compensar la bajada del consumo voluntario es una de las acciones que mejoran los resultados de los pollos en periodos de altas temperaturas (McNaughton y Reece, 1984). Sin embargo, esta medida también mejora los resultados de los animales en condiciones de termoneutralidad. Dale y Fuller (1980) no encontraron interacción entre temperatura ambiental y densidad en nutrientes del pienso. Por tanto, piensos más concentrados ayudarán a mejorar los resultados de los pollos con estrés calórico, pero también lo harán a temperaturas normales.

En lugar de un aumento general de todos los nutrientes del pienso, puede ocurrir que las relaciones óptimas entre nutrientes cambie durante el estrés por calor. El experimento de Alleman y Leclercq (1997) mencionado anteriormente indicó que probablemente sea necesaria una relación proteína – energía más elevada durante periodos de calor para evitar pérdidas de producción. Han y Baker (1993) estudiaron el efecto de aumentar el nivel de lisina digestible del pienso sobre los resultados de los pollos alojados a 24 y 37 °C. Los resultados de este experimento se muestran en la tabla 8. A partir de las diferentes respuestas de crecimiento y consumo, se concluyó que los niveles óptimos de lisina en pollos sometidos a estrés calórico son un 5 a 10 % más elevadas, comparadas con las de pollos alojados en un ambiente termoneutro.

Tabla 8 Efecto del nivel de lisina digestible sobre los rendimientos de pollos desde 8 a 22 días de edad (Han y Baker, 1993)

Lisina dig, g/kg	Crecimiento, g		Consumo de pienso, g		IC	
	24 °C	37 °C	24 °C	37 °C	24 °C	37 °C
5.2	78	66	211	171	2.714	2.618
6.2	127	94	281	202	2.217	2.151
7.2	161	127	316	243	1.969	1.919
8.2	202	159	361	273	1.784	1.711
9.2	230	179	376	285	1.635	1.588
10.2	235	195	365	300	1.552	1.543
11.2	240	197	361	292	1.509	1.483
pooled SEM	6		9		0.083	

A partir de una serie limitada de estudios, parece que las relaciones óptimas entre aminoácidos pueden variar en pollos sometidos a estrés por calor. Geraert *et al.* (1996) formularon la hipótesis, basada en los niveles plasmáticos de aminoácidos, que existen diferencias en las necesidades de aminoácidos entre pollos normales y los sometidos a estrés calórico. El efecto del estrés calórico fue mayor para los niveles plasmáticos de metionina y cistina, lo que puede estar relacionado con un emplume más lento en los pollos sometidos a estrés. Sin embargo, no cuantificaron esas necesidades inferiores de metionina y cistina.

Brake *et al.* (1998) observaron una interacción entre temperatura ambiental y la relación arginina (arg) – lisina (lys) del pienso. A temperaturas termoneutras un aumento de la relación arg/lys no produjo mejoras en los rendi-

mientos de los pollos, mientras a temperaturas más altas un aumento de la relación arg/lys mejoró de forma significativa el índice de conversión (tabla 9). Brake *et al.* (1998) encontraron que, con niveles altos de sodio (2.4 g/kg), no había efecto de una relación arg/lys elevada sobre los rendimientos de los pollos. Un nivel de sal bajo (1.2 g/kg) produjo una clara reducción del índice de conversión cuando la relación arg/lys se aumentaba. Esto se explicó por el hecho de que el sodio puede actuar por combinación con aminoácidos neutros ocupando los lugares de recepción de la lisina en el riñón, previniendo la inducción de la arginasa renal.

Tabla 9 Efecto de un aumento de la relación arginina – lisina sobre los rendimientos de pollos de 20 a 47 días de edad (Brake *et al.*, 1998)

Temperatura, °C	arg:lys ratio	Ganancia peso, g	Consumo , g	IC
18-26	1.10	1503	3398 <sup>a</sup>	2.263 <sup>a</sup>
	1.37	1513	3471 <sup>a</sup>	2.303 <sup>a</sup>
25-35	1.10	1450	3163 <sup>b</sup>	2.188 <sup>a</sup>
	1.37	1468	2984 <sup>b</sup>	2.034 <sup>b</sup>

Se han descrito balances negativos de minerales durante el estrés por calor, por lo que un aumento de los aportes puede ayudar a aliviar los efectos del mismo (Belay *et al.*, 1990; 1992). Esto se comentará en el apartado de la alcalosis respiratoria.

### **Reducción de la concentración de corticosterona y refuerzo del sistema inmune**

Los resultados experimentales indican que hay ciertas posibilidades de reducir el nivel de corticosterona en plasma. Esto ayudaría a mejorar el status inmune de los pollos sometidos a estrés por calor. Tanto la vitamina C como el ácido acetilsalicílico (aspirina) han resultado eficaces en disminuir el nivel plasmático de corticosterona en pollos con estrés calórico (McKee y Harrison, 1995; Mahmoud *et al.*, 2004; Naseem *et al.*, 2005). Naseem *et al.* (2005) mostraron que la suplementación del pienso con vitamina C y aspirina mejoraba los resultados de los pollos con estrés por calor, especialmente cuando se añadían al pienso de retirada (tabla 10). Los resultados indican que la reducción de los niveles de corticosterona durante el estrés calórico pueden aliviar los efectos negativos del mismo. Naseem *et al.* (2005) también observaron que la suplementación del pienso de retirada con vitamina C y aspirina aumentaba el peso de los órganos inmunológicamente activos. Los datos mostrados en la tabla 10 indican claramente que los pesos relativos de estos órganos disminuyen en aquellos animales sometidos al estrés por calor.

Tabla 10 Efecto de la suplementación del pienso con vitamina C y ácido acetilsalicílico (aspirina) sobre los resultados de broilers sometidos a estrés por calor (Naseem *et al.*, 2005)

Strés por calor periodo	no	sí	sí	Sí	sí
vit. C + aspirina	-	semana 3+4	semana 3+4	semana 5+6	semana 5+6
	-	-	semana 3+4	-	semana 5+6
<b>Resultados</b>					
Ganancia de peso, g	1493	1228	1400	987	1319
Consumo de pienso, g	2090	1930	2020	1880	2100
IC	1.40	1.57	1.44	1.90	1.59
<b>Peso órgano/Peso vivo</b>					
Bolsa de Fabricio	0.579	0.488	0.536	0.306	0.419
Timo	1.902 <sup>a</sup>	1.573 <sup>a</sup>	1.737 <sup>a</sup>	0.778 <sup>b</sup>	1.351 <sup>b</sup>
Bazo	0.829 <sup>a</sup>	0.709 <sup>ab</sup>	0.780 <sup>a</sup>	0.399 <sup>c</sup>	0.648 <sup>b</sup>

Khajavi *et al.* (2003) y Liew *et al.* (2003) estudiaron otras formas de aumentar la sensibilidad al estrés por calor mediante la modulación de las respuestas hormonales al estrés. Khajavi *et al.* (2003) restringieron el consumo de pienso en días alternos desde los días 11 a 20 y expusieron a los broilers a 39 °C durante 7 horas diarias desde 35 a 41 días. A los 42 días de edad, obtuvieron títulos de anticuerpos más elevados y una menor relación de heterófilos a linfocitos en los pollos sometidos a estrés por calor que habían tenido una restricción temprana del pienso. Esta baja relación heterófilos a linfocitos está asociada a niveles más bajos de corticosterona. Concluyen que una restricción a edades tempranas del alimento redujo alguno de los efectos negativos del calor sobre el sistema inmune de los pollos que sufren estrés calórico con posterioridad. Liew *et al.* (2003) limitaron el consumo a los broilers en los días 4, 5 y 6 y, además, los expusieron a 36 °C durante 1 hora diaria desde el día 1 hasta el 21; un tercer tratamiento combinaba los dos primeros. Desde los 35 hasta los 50 días de edad se expuso a los broilers a estrés por calor (38 °C). Los resultados de este experimento se muestran en la tabla 11. Aparentemente, la restricción temprana de alimento perjudicó el peso vivo al final del experimento. La exposición diaria al calor no afectó al peso final, mientras que la combinación de restricción y temperatura durante 1 horas diaria reflejó el mejor peso vivo a los 49 días y un menor índice histológico de la bolsa de Fabricio después de la administración de 10 veces la dosis de una vacuna de Gumboro viva. Liew *et al.* (2003) concluyen que la combinación de una restricción temprana de pienso con la exposición al calor puede mejorar el peso vivo y la resistencia a enfermedades y que está asociado con una mejor respuesta proteica al golpe de calor.



Tabla 11 Efecto de la exposición al calor y la restricción de pienso tempranas sobre el peso de los broilers (Liew *et al.*, 2003)

Tratamiento	control	RP <sup>1)</sup>	AT <sup>2)</sup>	RPAT <sup>3)</sup>
Peso, g				
Día 14	420 <sup>a</sup>	382 <sup>b</sup>	420 <sup>a</sup>	391 <sup>b</sup>
Día 28	1394 <sup>a</sup>	1351 <sup>b</sup>	1394 <sup>a</sup>	1357 <sup>b</sup>
Día 42	2493	2419	2389	2474
Día 49	2926	2868	2968	3022
Mortalidad, %	34.8 <sup>ab</sup>	37.8 <sup>ab</sup>	40.0 <sup>a</sup>	22.9 <sup>b</sup>

1) RP: 60 % de restricción de pienso los días 4, 5 y 6

2) AT: exposición a 36 °C 1 hora diaria desde el día 1 hasta el 21

3) RPAT: combinación de RP y AT

### Prevención de la inducción de alcalosis respiratoria

Un aumento de la frecuencia respiratoria puede inducir una alcalosis respiratoria (Balnave y Brake, 2005). Además, pueden aparecer balances de sodio y potasio negativos (Belay *et al.*, 1992), que pueden producir un efecto negativo en la osmolaridad y función celular. Para prevenir esto se pueden aplicar distintas estrategias descritas en la literatura. Una de ellas consiste en prevenir el aumento del pH sanguíneo añadiendo al pienso o agua de bebida sales que disminuyan el pH sanguíneo, como NH<sub>4</sub>Cl u otras sales que contengan aniones que afecten el equilibrio ácido base. Otra estrategia puede ser incluir la adición de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> para compensar las mayores pérdidas del mismo al eliminar el CO<sub>2</sub> producido como consecuencia del jadeo. Una tercera estrategia puede ser el suministro de cantidades extra de sodio y potasio, debido a la aparición de balances negativos de los mismos durante los periodos de estrés calórico. Todas estas estrategias pueden ayudar a aliviar los efectos del estrés por calor sobre los rendimientos de los broilers. Ahmad *et al.* (2005) probaron el efecto de tres sales de sodio y potasio en broilers expuestos a temperaturas cíclicas de 29.3 a 38 °C desde el día 1 hasta el 42. También incluyeron dos sales de cloruro para disminuir el balance electrolítico. Los resultados se representan en la tabla 12, con excepción de los del cloruro de calcio (CaCl<sub>2</sub>). Esta sal produjo resultados muy pobres y provocó un pH sanguíneo muy bajo, por lo que no es recomendable contra el estrés por calor.

Tabla 12 Efecto de la adición de diferentes sales sobre los rendimientos de pollos sometidos a estrés por calor desde 1 a 42 días de edad (Ahmad *et al.*, 2005)

Tratamiento	Ganancia peso, g	Consumo pienso, g	IC	Ratio agua/pienso	Mortalidad, %	Pechuga, %
Control	1107 <sup>c</sup>	2063 <sup>d</sup>	1.86 <sup>a</sup>	3.152 <sup>e</sup>	33 <sup>a</sup>	26.9 <sup>b</sup>
NH <sub>4</sub> Cl	1275 <sup>ab</sup>	2308 <sup>ab</sup>	1.81 <sup>c</sup>	3.482 <sup>b</sup>	18 <sup>b</sup>	29.3 <sup>a</sup>
NaHCO <sub>3</sub>	1332 <sup>a</sup>	2394 <sup>a</sup>	1.80 <sup>c</sup>	3.638 <sup>a</sup>	15 <sup>b</sup>	30.0 <sup>a</sup>
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1311 <sup>ab</sup>	2366 <sup>ab</sup>	1.80 <sup>c</sup>	3.454 <sup>c</sup>	14 <sup>b</sup>	28.9 <sup>a</sup>
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1285 <sup>ab</sup>	2318 <sup>ab</sup>	1.80 <sup>c</sup>	3.389 <sup>d</sup>	15 <sup>b</sup>	27.5 <sup>b</sup>
KHCO <sub>3</sub>	1237 <sup>b</sup>	2241 <sup>b</sup>	1.80 <sup>c</sup>	3.367 <sup>d</sup>	24 <sup>ab</sup>	26.9 <sup>b</sup>
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1154 <sup>c</sup>	2110 <sup>cd</sup>	1.83 <sup>b</sup>	3.175 <sup>e</sup>	33 <sup>a</sup>	26.8 <sup>b</sup>
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1133 <sup>c</sup>	2079 <sup>d</sup>	1.84 <sup>b</sup>	3.179 <sup>e</sup>	30 <sup>a</sup>	26.6 <sup>b</sup>

Los resultados mostrados en la tabla 12 indican que las sales de sodio produjeron mejores resultados de los animales, mayor consumo de agua y menos mortalidad que las sales de potasio. De éstas, el  $\text{KHCO}_3$  reflejó los mejores resultados, igual que el  $\text{NaHCO}_3$  entre las sales de sodio. Esto indica que el ión  $\text{HCO}_3^-$  es importante para aliviar los efectos del estrés por calor. La suplementación de los piensos con  $\text{NaHCO}_3$  también ofreció los mejores resultados productivos en un segundo experimento de Ahmad *et al.* (2006). La adición de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  al pienso también mejoró los resultados productivos y disminuyó la mortalidad durante el periodo de calor, lo que significa que la bajada del pH sanguíneo por alteración del balance electrolítico puede ayudar a reducir los efectos negativos del golpe de calor, siempre y cuando esta bajada de pH no sea excesiva, como en el caso del  $\text{CaCl}_2$ . La idea de suministrar  $\text{HCO}_3^-$  y bajar el pH sanguíneo podría ser sinérgica, como señalan Teeter y Smith (1986). La adición al pienso o agua de bebida de cloruro de potasio en lugar de las sales de potasio probadas por Ahmad *et al.* (2005) también puede servir para aliviar los efectos del estrés por calor. Smith y Teeter (1992) observaron una clara mejoría en los rendimientos de los pollos cuando añadieron KCl al agua de bebida (tabla 13). Estos resultados resaltan la importancia de aportar cloruros extra durante los periodos de estrés calórico, como ocurrió con el  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

Tabla 13 Efecto de la suplementación de KCl al agua de bebida sobre los resultados de broilers sometidos a estrés por calor (Smith y Teeter, 1992)

Adición de KCl	no	sí
Experimento 1		
Consumo agua, ml/día	251.2 <sup>b</sup>	360.1 <sup>a</sup>
Consumo pienso, g/día	125.1	124.0
Ganancia peso, g/día	43.4 <sup>b</sup>	46.3 <sup>a</sup>
IC	2.882	2.678
Experimento 2		
Consumo agua, ml/día	251.6 <sup>b</sup>	340.6 <sup>a</sup>
Consumo pienso, g/día	103.2	105.3
Ganancia peso, g/día	43.7 <sup>b</sup>	46.7 <sup>a</sup>
IC	2.362	2.255

### Mantenimiento de la osmolaridad y función celular

El suministro de minerales puede ayudar a ajustar el pH sanguíneo y a reponer aquellos minerales perdidos. De esta forma, pueden mantenerse la osmolaridad y la función celular. Zulfiki *et al.* (2004) vieron que la betaína también puede cooperar en el mantenimiento de la osmolaridad y función celulares. Esto puede traducirse en mejores rendimientos cuando se añade betaína al pienso, como también observaron Farooqi *et al.* (2005). Un reciente experimento realizado en Nutreco PRRC también ha demostrado los efectos positivos de la adición de betaína (<sup>TNI</sup>betain) al pienso de pollos sometidos a estrés por calor. En este experimento se añadieron 1 o 2 g/kg de betaína a piensos con niveles de aminoácidos que satisfacían las recomendaciones (CVB, 1996). El estrés por calor se consiguió aumentando la temperatura hasta 35 °C durante 10 horas diarias. El resto del día, la tempera-

tura se mantuvo a 30 °C desde los días 2 a 7, bajando gradualmente hasta 25 °C entre los días 7 y 14, y mantenida a 25 °C hasta los 40 días de edad. Los resultados de este experimento se reflejan en las tablas 14 y 15. La tabla 14 muestra que la adición de 1 o 2 g/kg de betaína al pienso mejora el índice de conversión de 0 a 14 días y el peso vivo a los 40 días de edad. La mortalidad disminuyó con la adición de betaína, pero no de forma significativa. La adición de betaína también mejoró el porcentaje de pechuga en los machos de forma significativa. Mediciones adicionales indican que los broilers son capaces de retener más agua en los tejidos en condiciones de estrés por calor cuando se añade betaína al pienso.

Tabla 14 Efecto de la adición de betaína en los resultados de broilers sometidos a estrés por calor desde 0 a 40 días de edad

Betaína añadida, g/kg	0.0	1.0	2.0
Día 0-14			
Peso, día 14, g	373	376	382
Consumo pienso, g/día	23.86	24.03	24.51
IC	1.322 <sup>a</sup>	1.274 <sup>b</sup>	1.256 <sup>b</sup>
Mortalidad, %	1.5	1.0	1.5
Día 0-40			
Peso, día 40, g	2093 <sup>b</sup>	2116 <sup>ab</sup>	2158 <sup>a</sup>
Consumo pienso, g/día	85.07	86.81	86.70
IC	1.660	1.673	1.639
IC - 2100	1.663 <sup>a</sup>	1.667 <sup>a</sup>	1.616 <sup>b</sup>
Mortalidad, %	13.0	11.5	11.5

Tabla 15 Efecto de la adición de betaína en la calidad de la canal de broilers machos sometidos a estrés por calor

Betaína añadida, g/kg	0.0	1.0	2.0
% canal	80.70	80.65	80.53
% pechuga	17.44 <sup>b</sup>	18.21 <sup>a</sup>	18.30 <sup>a</sup>
% grasa abdominal	1.83	1.97	1.88

## Conclusiones y recomendaciones

El estrés por calor tiene claros efectos negativos sobre los rendimientos de los pollos y la mortalidad, que se deben a cambios a nivel metabólico y hormonal. Existen varias posibilidades descritas en la literatura científica para aliviar estos efectos negativos.

- Las posibilidades de disminuir la producción de calor aumentando la proporción de la energía aportada por las grasas son limitadas y, además, el efecto no parece producirse sólo en situaciones de estrés por calor. La reducción de la producción de calor por una disminución del contenido de proteína del pienso no es efectiva. Por tanto, las medidas de manejo tendentes a disipar el calor producido, como una mayor renovación del aire, la nebulización de agua y el suministro de agua fría son más eficaces para reducir los efectos negativos del golpe de calor. Una disminución de la densidad de la nave es otra forma de disminuir la producción

de calor en la misma. El aporte de pienso durante los periodos más frescos del día también puede ser útil contra el estrés por calor.

- La relación óptima de lisina digestible a energía aumenta un 5-10% en broilers sometidos a estrés por calor. Por tanto, un ligero aumento de los aminoácidos puede prevenir la pérdida de rendimientos productivos. Además, la relación arginina – lisina aumenta, mientras que la relación aminoácidos azufrados – lisina puede disminuir. Las necesidades de sodio y potasio pueden aumentar durante los periodos de estrés calórico al producirse un balance negativo de los mismos.
- La adición de vitamina C al agua de bebida o pienso ayuda a mitigar el aumento de los niveles de corticosterona durante el estrés por calor, lo que reduce los efectos negativos sobre los rendimientos y puede ayudar a mejorar el *status* inmune.
- La adición de  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  y  $\text{KCl}$  al pienso o agua de bebida reduce los efectos negativos del estrés calórico.  $\text{NaHCO}_3$  da los mejores resultados en varios experimentos. Sin embargo, una combinación de  $\text{NaHCO}_3$  and  $\text{KCl}$  puede dar mejores resultados, pues aporta  $\text{HCO}_3^-$  para compensar por las mayores pérdidas de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Cl}^-$  para reducir el pH sanguíneo y  $\text{Na}$  y  $\text{K}$  para compensar los balances negativos de estos cationes durante el estrés por calor.
- La betaína mejora los resultados en periodos de estrés calórico. Sus efectos positivos parecen deberse a la mejora de la ósmosis celular, lo que previene las pérdidas de agua.

Las combinaciones de estas posibilidades pueden ayudar a disminuir los efectos negativos del estrés por calor en los broilers.

## Referencias

- Ahmad, T., M. Sarwar, Mahr-un-Nisa, Ahsan-ul-Haq, and Zia-ul-Hasan, 2005. Influence of varying sources of dietary electrolytes on the performance of broilers reared in a high temperature environment. *Animal Feed Science and Technology* 120: 277-298.
- Ahmad, T., T. Mushtaq, Mahr-un-Nisa, M. Sarwar, D.M. Hooge, and M.A. Mirza, 2006. Effect of different non-chloride sodium sources on the performance of heat-stressed broiler chickens. *British Poultry Science* 47: 249-256.
- Alleman, F., and B. Leclercq, 1997. Effect of dietary protein and environmental temperature on growth performance and water consumption of male broiler chickens. *British Poultry Science* 38: 607-610.
- Austic, R.E., 1985. Feeding poultry in hot and cold climates. In: *Stress Physiology in Livestock*, Volume 3, M.K. Yousef, editor. CRC Press, Boca Raton.
- Beker, A., and R.G. Teeter, 1994. Drinking water temperature and potassium chloride supplementation effects on broiler body temperature and performance during heat stress. *Journal of Applied Poultry Science Research* 3: 87-92.
- Balnave, D., and J. Brake, 2005. Nutrition and management of heat-stressed pullets and laying hens. *World's Poultry Science Journal* 61: 399-406.

- Belay, T., C.J. Wiernusz, and R.G. Teeter, 1990. Mineral balance of heat distressed broilers. Oklahoma Agricultural Experimental and Research Report MP 129: 189-194.
- Belay, T., C.J. Wiernusz, and R.G. Teeter, 1992. Mineral balance and urinary and fecal excretion profile of broilers housed in thermoneutral and heat distressed environments. Poultry Science 71: 1043-1047.
- Brake, J., D. Balnave, and J.J. Dibner, 1998. Optimum dietary arginine:lysine ratio for broiler chickens is altered during heat stress in association with changes in intestinal uptake and dietary sodium chloride. British Poultry Science 39: 639-647.
- Cooper, M.A., and W.K. Washburn, 1998. The relationships of body temperature to weight gain, feed consumption, and feed utilization in broilers under heat stress. Poultry Science 77: 237-242.
- CVB, 1996. Amino-zurenbehoefte van leghennen en vleeskuikens [Amino acid requirement of laying hens and broiler chickens]. CVB documentation report nr. 18, Centraal Veevoederbureau, Lelystad, The Netherlands.
- Dale, N.M., and H.L. Fuller, 1979. Effect of diet composition on feed intake and growth of chicks under heat stress. I. Dietary fat levels. Poultry Science 58: 1529-1534.
- Decuypere, E., and J. Buyse, 1988. Thyroid hormones, corticosterone, growth hormone and somatomedins in avian species: general aspects and possible implications in fattening. In: Leanness in domestic birds: genetic, metabolic and hormonal aspects, B. Leclercq, and C.C. Whitehead, editors. Butterworths, London.
- Farooqi, H.A.G., M.S. Khan, M.A. Khan, M. Rabbani, K. Pervez, and J.A. Khan, 2005. Evaluation of betaine and vitamin C in alleviation of heat stress in broilers. International Journal of Agriculture and Biology 7: 744-746.
- Geraert, P.A., S. Guillaumin, and B. Leclercq, 1993. Are genetically lean broilers more resistant to hot climate? British Poultry Science 34: 643-653.
- Geraert, P.A., J.C.F. Padilha, and S. Guillaumin, 1996a. Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens: growth performance, body composition and energy retention. British Journal of Nutrition 75: 195-204.
- Geraert, P.A., J.C.F. Padilha, and S. Guillaumin, 1996b. Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens: biological and endocrinological variables. British Journal of Nutrition 75: 205-216.
- Goddeeris, B.M., and J. Mast, 2003. Basic immunology: how important is it in the nutritional practice. Proceedings 12<sup>th</sup> European Symposium on Poultry Nutrition, Veldhoven, The Netherlands.
- Gous, R.M., and T.R. Morris, 2005. Nutritional interventions in alleviating the effects of high temperatures in broiler production. World's Poultry Science Journal 61: 463-475.
- Han, Y., and D.H. Baker, 1993. Effect of sex, heat stress, body weight, and genetic strain on the dietary lysine requirement of broiler chickens. Poultry Science 72: 701-708.
- Khajavi, M., S. Rihimi, Z.M. Hassan, M.A. Kamali, and T. Mousavi, 2003. Effect of feed restriction early in life on humoral and cellular immunity of

- two commercial broiler strains under heat stress conditions. *British Poultry Science* 44: 590-497.
- Liew, P.K., I. Zulfiki, M. Hair-Bejo, A.R. Omar, and D.A. Israf, 2003. Effects of early age feed restriction and heat conditioning on heat shock protein 70 expression, resistance to infectious bursal disease and growth in mail broiler chickens subjected to heat stress. *Poultry Science* 82: 1879-1885.
- Lin, H., H.C. Jiao, J. Buyse, and E. Decuyper, 2006. Strategies for preventing heat stress in poultry. *World's Poultry Science Journal* 62: 71-85.
- Mahmoud, K.Z., F.W. Edens, E.J. Eisen, and G.B. Havenstein, 2004. Ascorbic acid decreases heat shock protein 70 and plasma corticosterone in broilers (*Gallus gallus domesticus*) subjected to cyclic heat stress. *Comparative Biochemistry and Physiology. B, Biochemistry and Molecular Biology* 137: 35-42.
- McKee, J.S., and P.C. Harrison, 1995. Effects of supplemental ascorbic acid on the performance of broiler chickens exposed to multiple concurrent stressors. *Poultry Science* 74: 1772-1785.
- Reece, F.N., and J.W. Deaton, 1971. Use of a time-proportioning thermostat for control of poultry-house environments. *Poultry Science* 50: 1622.
- Shamoon, N., M. Younus, A. Bilal, G. Aamir, A. Asim, and S. Akhter, 2005. Effect of ascorbic acid and acetylsalicylic acid supplementation on the performance of broiler chicks exposed to heat stress. *International Journal of Poultry Science* 4: 900-904.
- Smith, M.O., and R.G. Teeter, 1992. Effects of potassium chloride supplementation on growth of heat distressed broilers. *Journal of Applied Poultry Science* 1: 321-324.
- Teeter, R.G., and T. Belay, 1996. Broiler management during acute heat stress. *Animal Feed Science and Technology* 58: 127-142.
- Teeter, R.G., and M.O. Smith, 1986. High chronic ambient temperature stress effects on broiler acid base balance and their response to supplemental ammonium chloride, potassium chloride and potassium carbonate. *Poultry Science* 65: 1777-1781.
- Zulfiki, I., S.A. Mysahra, and L.Z. Jin, 2004. Dietary supplementation of Betaine (Betafin®) and response to high temperature stress in male broiler chickens. *Asian-Australian Journal of Animal Science* 17: 244-249.