

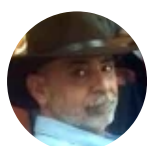


Estrés calórico durante el crecimiento y finalización de cerdos en engorda

GRUPO NUTEC

ABRIL 13, 2026

👁 230

**Luis Ricardo Pérez García**

Colaboradores

Saúl Salgado Ávila

El estrés calórico es uno de los principales estresores para el cerdo; ocasiona pérdidas considerables relacionadas con el desempeño al disminuir la ganancia de peso y afectar el rendimiento y la calidad de carne y canal, pero también disminuye el funcionamiento y respuesta del sistema inmune e incrementa la mortalidad.

Si bien es cierto que la temperatura ambiental elevada afecta el desempeño y la salud del cerdo mediante la elevación de la temperatura corporal debemos tomar en cuenta que no es el único factor para considerar en la presentación de episodios de estrés calórico. El estrés calórico es en realidad una combinación

muy compleja de factores metabólicos y ambientales que impide la disipación de calor metabólico corporal ocasionando su acumulación y provocando el incremento de la temperatura corporal.



Los cerdos en particular son una especie muy sensible al estrés calórico debido a varias razones: a) No pueden disminuir su temperatura corporal mediante la sudoración; aunque cuentan con glándulas sudoríparas estas son limitadas y están poco desarrolladas; b) El cerdo posee una gruesa capa subcutánea de tejido graso que dificulta la eliminación del exceso de calor corporal, c) El jadeo en el cerdo no es un mecanismo fisiológico tan eficiente como en otras especies debido al relativamente reducido tamaño de sus pulmones, y d) La selección genética les ha hecho más sensibles; el cerdo moderno produce 20 - 30% más calor metabólico y las líneas magras son más susceptibles debido a que presentan un elevado recambio proteico. Cuanto más grandes y pesados son los cerdos, más sensibles son al estrés calórico.

Para mantener la temperatura corporal constante el cerdo depende del **balance térmico**, un mecanismo adaptativo de termorregulación cuyo objetivo es mantener el equilibrio entre el calor recibido, el calor generado internamente (calor metabólico), el calor acumulado en el organismo y el calor disipado en el ambiente. El **balance térmico** involucra dos variables: a) La temperatura del animal.- En los cerdos la

temperatura corporal normal es 38.7°C - 39.8°C , temperatura en la que todas las funciones metabólicas se desarrollan con eficiencia, y b) La temperatura del ambiente.- De intensidad variable, pero con un rango definido conocido como "Zona Termoneutral", que es la temperatura ambiental en la que el animal mantiene su temperatura corporal constante sin necesidad de ajustes fisiológicos ni de energía adicional a la de mantenimiento; en termo neutralidad la mayor temperatura corporal se alcanza 8 - 10 horas después de la temperatura más elevada del día, mientras que en condiciones de estrés calórico la mayor temperatura corporal se alcanza en solamente 3 - 5 horas después de la temperatura más elevada del día.

La zona termoneutral del cerdo en crecimiento y finalización se considera entre los 18°C y 25°C ; sin embargo, el incremento de la humedad relativa aumenta la intensidad del estrés calórico y su efecto sobre el animal, independientemente de la temperatura ambiental. Por ejemplo, una temperatura ambiental de 28°C no representa estrés calórico mientras la humedad relativa sea menor al 14% (ITH 69 - 70); si consideramos la misma temperatura de 28°C , pero con el incremento de la humedad relativa a 15 - 45% (ITH 71 - 75) el animal se encontrará en el umbral de estrés calórico (o en estrés ligero), al incrementar la humedad al 50 - 90% (ITH 76 - 81) el animal enfrentará un estrés moderado y se convertirá en estrés severo al incrementar la humedad al 95% (ITH 82).

Por esta razón, la manera más adecuada para medir la intensidad del estrés calórico es mediante el Índice de Temperatura y Humedad (ITH) en lugar de considerar solamente la temperatura ambiental. El ITH determina un valor numérico para la intensidad del estrés calórico en función de la temperatura y la humedad ambiental relativa; este valor determina el umbral en el cual el animal experimenta estrés calórico y la producción empieza a verse afectada. A medida que se incrementa el valor ITH la

intensidad del estrés calórico se incrementa y la producción se verá más afectada.

ÍNDICE DE TEMPERATURA Y HUMEDAD PARA CERDOS EN CRECIMIENTO Y FINALIZACIÓN



ITH <70	NO ESTRÉS
ITH 71 - 75	UMBRAL DE ESTRÉS CALÓRICO ESTRÉS LIGERO
ITH 76 - 81	ESTRÉS MODERADO
ITH 82 - 95	ESTRÉS SEVERO
ITH >95	ESTRÉS GRAVE

TEMPERATURA °C	HUMEDAD RELATIVA, %									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20	63	64	64	65	65	66	66	67	67	68
21	64	65	65	66	67	67	68	68	69	70
22	65	66	66	67	68	69	69	70	71	72
23	66	67	67	68	69	70	71	72	73	73
24	67	68	68	69	70	71	72	73	74	75
25	67	69	70	71	72	73	74	75	76	77
26	68	70	71	72	73	74	75	76	78	79
27	69	71	72	73	74	76	77	78	79	81
28	70	72	73	74	76	77	78	80	81	82
29	71	73	74	75	77	78	80	81	83	84
30	72	74	75	77	78	80	81	83	84	86
31	73	75	76	78	80	81	83	84	86	88
32	74	76	77	79	81	83	84	86	88	90
33	75	77	78	80	82	84	86	88	90	91
34	76	78	79	81	83	85	87	90	91	93
35	76	79	81	83	85	87	89	91	93	95
36	77	80	82	84	86	88	90	92	95	97
37	78	81	83	85	87	90	92	94	96	99
38	79	82	84	86	89	91	93	96	98	100
39	80	83	85	87	90	92	95	97	100	102
40	81	84	86	89	91	94	96	99	101	104
41	82	85	87	90	93	95	98	100	103	106
42	83	86	88	91	94	97	99	102	105	108
43	84	87	89	92	95	98	101	104	107	109
44	85	88	90	93	96	99	102	105	108	111
45	85	89	92	95	98	101	104	107	110	113

Adaptado de Thom, 1959; Berry *et al.*, 1964; Iowa State University, 2002.

Monitoreo fisiológico de la temperatura

La temperatura corporal y la temperatura de la piel es monitoreada por termo receptores centrales y periféricos que envían la información al cerebro mediante señales térmicas aferentes. Al recibir estas señales el cerebro compara los datos de la temperatura recibidos con un valor de referencia establecido previamente a través de procesos de aclimatación, el ritmo circadiano y procesos pirógenos; si la información recibida se encuentra por encima del valor de referencia el cerebro envía señales mediante efectores térmicos para realizar cambios fisiológicos y de comportamiento. Cuando la capacidad de disipación del calor corporal no es suficiente para poder eliminar el calor producido por el metabolismo y del aumento de temperatura corporal causado por calor ambiental se dispara una respuesta fisiológica que activa sistemas neuronales y neuro – hormonales, que inducen adaptaciones que involucran cambios de comportamiento, cambios fisiológicos y metabólicos para volver a un estado de homeostasis y balance térmico. El grado de la estimulación de estos sistemas neuro hormonales determina la intensidad de la respuesta y el tipo de cambios fisiológicos, metabólicos y de comportamiento generados para disminuir el efecto del estrés calórico.

Efectos del estrés calórico

Como se mencionó anteriormente, el estrés calórico desencadena adaptaciones que involucran cambios de comportamiento, cambios fisiológicos y metabólicos para volver a un estado de homeostasis y balance térmico. Si bien estas adaptaciones se dirigen hacia la recuperación del balance térmico también ocasionan alteraciones que pueden tener consecuencias negativas.

Cambios de comportamiento

1) Incremento del consumo de agua. Los cerdos en estrés calórico incrementan el consumo de agua hasta en un 60%, dependiendo de la intensidad del estrés. El agua ingerida es utilizada para generar la eliminación de calor corporal mediante el jadeo y para compensar las pérdidas de agua por deshidratación. Sin embargo, el excesivo consumo de agua puede también ocasionar el incremento en la eliminación de electrolitos a través de la orina.

2) Disminución del consumo de alimento. Durante estrés calórico los receptores térmicos periféricos transmiten impulsos nerviosos para suprimir el centro del apetito/saciedad en el hipotálamo, disminuyendo el consumo de alimento. El consumo puede disminuir 5 - 30%, con el mayor efecto sobre el consumo 24 - 48 horas después del momento del estrés. Si bien la reducción del consumo de alimento disminuye la producción de calor metabólico generado durante la digestión, la disminución del consumo viene acompañado de la baja disponibilidad de nutrientes y energía, de la reducción en la absorción de nutrientes, la alteración del sistema endócrino y el incremento de los requerimientos de mantenimiento.

3) Disminución de la actividad y movimiento. La disminución de la actividad física y el movimiento del cerdo limita la generación de calor producida por la contracción muscular y procesos fisiológicos relacionados al movimiento.

4) Búsqueda de temperatura comfortable. El cerdo buscará zonas del corral con sombra, pisos y paredes frescas, ya que el contacto directo con superficies frías facilita la pérdida de calor por conducción; buscará lugares con mejor ventilación y mayor

movimiento de aire tratando de aumentar la superficie corporal y de la piel expuesta al efecto del flujo de aire para acelerar la disminución de la temperatura; y buscará el contacto con agua, debido a que el agua sobre la piel ayuda a bajar la temperatura corporal por evaporación.

Cambios fisiológicos

1) Incremento de la frecuencia respiratoria. El jadeo es el principal recurso fisiológico que utilizan los cerdos para disipar calor; el aumento de la frecuencia respiratoria provoca una mayor evaporación de agua a través de las vías respiratorias. Sin embargo, el jadeo tiene limitaciones debido a que la capacidad de evaporación de agua depende de la humedad ambiental y cuando la humedad ambiental es alta la eficiencia del proceso disminuye drásticamente. Adicionalmente, el jadeo es un mecanismo que implica un gran gasto energético adicional.

2) Vasodilatación periférica. Durante episodios de estrés calórico las moléculas de β - hidroxibutirato se unen a receptores de Niacina GPR109a e inducen la vasodilatación periférica de los vasos sanguíneos cutáneos incrementando el volumen del flujo de sangre caliente periférica con el objetivo de aumentar la pérdida de calor a través de la piel mediante conducción, convección, evaporación y radiación. Adicionalmente, la piel transmite la temperatura más baja a la sangre circulante en los vasos sanguíneos cutáneos disminuyendo la temperatura corporal. Sin embargo, si la temperatura ambiental es similar a la temperatura corporal la transferencia de calor se vuelve ineficiente.

3) Inhibición de mecanismos fisiológicos de termogénesis. Como respuesta al incremento de la temperatura corporal el mecanismo de generación de calor Termogénesis Asociada a

Temblor (ST) es inhibido. Este mecanismo es el encargado de la generación de calor por medio de la contracción muscular involuntaria rápida.

Consecuencias fisiológicas y metabólicas del estrés calórico

1) Alteración del balance ácido-básico. El incremento de la tasa respiratoria durante estrés calórico aumenta la expiración de Dióxido de Carbono (CO_2) disminuyendo la síntesis de ácido carbónico sanguíneo (H_2CO_3) con la consecuente disminución de iones Hidrógeno, provocando el incremento del pH, alcalosis respiratoria y alcalemia. Posteriormente, la disminución del nivel de CO_2 ocasiona el descenso de la presión parcial de dióxido de carbono en sangre arterial (PaCO_2), que induce la excreción de bicarbonato de sodio (HCO_3) vía renal, y la inhibición de la reabsorción y regeneración de HCO_3 para amortiguar y contrarrestar el incremento del pH. Esto reduce la concentración sanguínea de HCO_3 necesaria para mantener la normalidad del pH sanguíneo (7.2 - 7.4), disminuyendo el pH sanguíneo derivando finalmente en acidosis metabólica.

2) Estrés Oxidativo e Inflamación. El estrés calórico ocasiona el incremento de la actividad metabólica, lo que implica el incremento en la utilización de oxígeno a nivel celular produciendo una gran cantidad de radicales libres y especies reactivas derivadas del oxígeno (ROS). Al mismo tiempo, la reducción del consumo de alimento disminuye el consumo de vitaminas y minerales (vitaminas A, C y E; cobre, manganeso, selenio y zinc) que actúan como antioxidantes y/o que forman parte de enzimas y sistemas antioxidantes. Esto ocasiona la reducción de la capacidad de respuesta antioxidante general, ocasionando estrés oxidativo.

El estrés oxidativo ocasiona daño a la membrana celular alterando su permeabilidad; daña la mitocondria produciendo el agotamiento de Adenosín Trifosfato (ATP), reduciendo la disponibilidad de energía; activa mecanismos de apoptosis y necrosis provocando muerte celular liberando numerosos compuestos citotóxicos que ocasionan daño a los componentes celulares, incluyendo a carbohidratos, proteínas, lípidos y ADN, y ocasiona también disfunción en la respuesta del sistema inmune. El hígado, el riñón y el intestino son órganos muy vulnerables a los daños causados por el estrés oxidativo.

Una excesiva acumulación de ROS y radicales libres desencadena además una respuesta inflamatoria descontrolada que ocasiona daño tisular, muerte celular y establece una relación de retroalimentación con el estrés oxidativo en la cual la inflamación induce la presentación de estrés oxidativo y viceversa.

3) Alteraciones en la distribución del flujo sanguíneo y daño a órganos internos. El estrés oxidativo y la inflamación ocasionados por el estrés calórico provocan vaso constricción (isquemia) que altera el flujo de sangre hacia los órganos internos afectando de manera importante a riñones e intestino.

La disminución de la microcirculación renal ocasiona isquemia medular, daño celular glomerular y necrosis tubular; esto disminuye la función de filtración glomerular renal y puede ocasionar insuficiencia renal.

La disminución del flujo sanguíneo en el tracto gastrointestinal disminuye la función digestiva de varias maneras: causa hipoxia local, reduce la producción y actividad de enzimas involucradas en el metabolismo intestinal de la glucosa y energía, se

intensifican los procesos de inflamación y estrés oxidativo causando daño epitelial, muerte de enterocitos y destrucción de vellosidades intestinales y finalmente, el incremento en la permeabilidad intestinal (intestino permeable). La disminución de la función digestiva ocasiona un costo metabólico adicional para el animal debido a una menor tasa de digestión, la disminución de la capacidad de absorción y la menor utilización de nutrientes del alimento.

Este proceso generalmente va acompañado de disbiosis intestinal, con la proliferación de microbiota patógena y la disminución de microbiota benéfica, una elevada producción de citocinas, lipopolisacáridos, endotoxinas y radicales libres que debido a la permeabilidad intestinal llegan a la lámina propia del intestino para después ser traslocados a la circulación sanguínea.

4) Incremento del requerimiento de energía y proteína.

En condiciones de estrés calórico el consumo, la digestión y la absorción de nutrientes se ven restringidos, y una parte de la energía y la proteína disponibles son redireccionados para solucionar el estrés oxidativo, la inflamación y en la activación de la respuesta inmune, disminuyendo la disponibilidad de energía y proteína que pudieran ser utilizadas para producción. El incremento de la frecuencia respiratoria también contribuye en gran medida al gasto energético; como ya se comentó, es un mecanismo que consume mucha energía.

Para obtener energía y cubrir el déficit energético el cerdo utiliza vías alternas, movilizándolo tejido graso. Sin embargo, la movilización de grasa altera el metabolismo energético, incrementa el consumo de oxígeno a nivel mitocondrial que aumenta la producción de ROS y libera gran cantidad de radicales libres incrementando la intensidad del estrés oxidativo. La movilización de grasa corporal además implica la formación de Ácidos Grasos

No Esterificados (NEFAS) que deben ser convertidos en Triglicéridos (TAG) y almacenados en el hígado; si los TAG no son exportados fuera del hígado se acumulan en el tejido hepático ocasionando hígado graso.



5) Disminución de la función inmune. El estrés calórico ocasiona la producción de Catecolaminas (Epinefrina, Norepinefrina, Dopamina) que interfieren con el funcionamiento de los sistemas inmune nato y adaptativo,

disminuyendo la capacidad de respuesta inmune. Por otro lado, incrementa la producción de glucocorticoides (Cortisol) que actúan sobre los neutrófilos disminuyendo la actividad de sus receptores y su capacidad de adhesión, su capacidad fagocítica, reducen su capacidad de replicación y alteran la quimiotaxis.

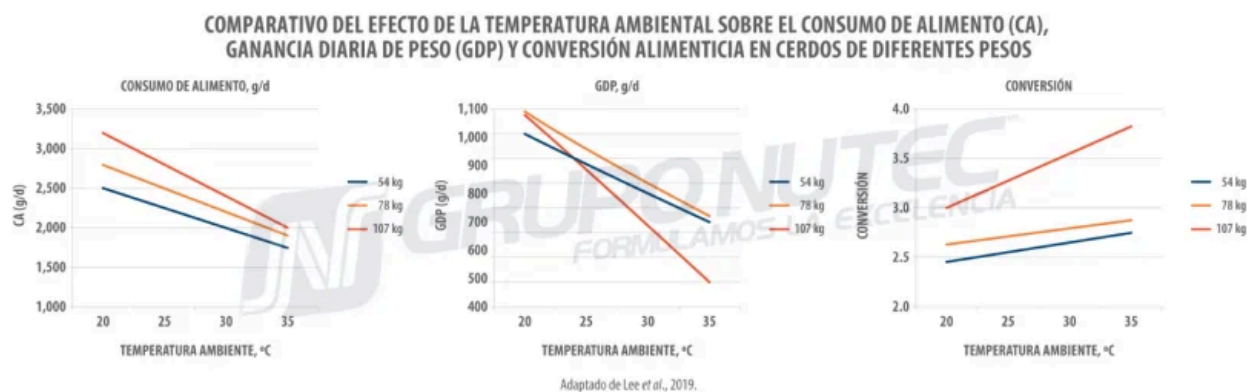
Consecuencias del estrés calórico sobre la producción

1) Efecto sobre el Crecimiento y Ganancia Diaria de Peso.

Durante el estrés calórico disminuye la actividad anabólica y se incrementa el catabolismo tisular, principalmente de tejidos graso y magro. Para disminuir la producción de calor metabólico el cerdo disminuye el consumo de alimento, lo que consecuentemente disminuye el consumo de nutrientes (proteína y energía metabolizables) disminuyendo la actividad anabólica. El crecimiento muscular depende de la proliferación y el crecimiento celular, que se ven afectados por la falta de nutrientes, pero además el estrés calórico altera el desarrollo

muscular disminuyendo y limitando la división celular e induciendo la muerte celular por apoptosis, necrosis y autofagia. El estrés calórico ocasiona también la disminución de la producción de Hormona del Crecimiento, la reducción de la actividad de sus receptores y la retención de nitrógeno.

Esto no solamente ocasiona la reducción del crecimiento y de la ganancia diaria de peso, también afecta la conformación, el rendimiento en canal y altera la conversión. El estrés social es un factor que magnifica la depresión del consumo de alimento y la disminución de la ganancia de peso.

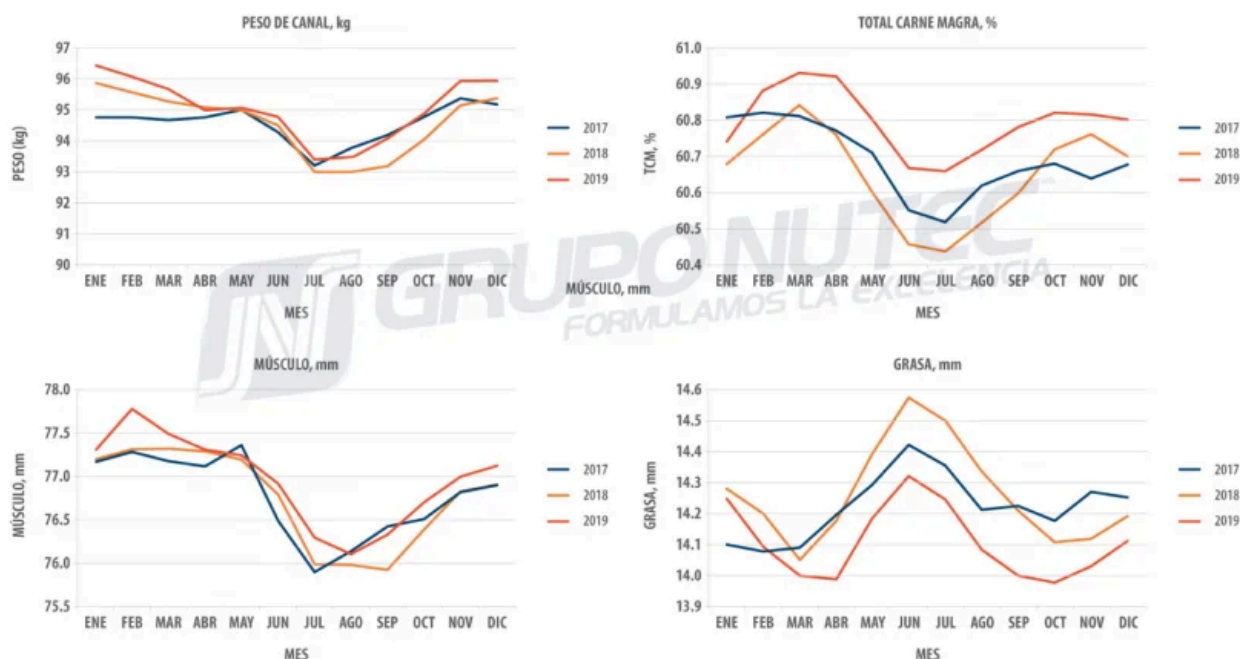


2) Efecto sobre el peso y características de la canal

a) Parámetros de la canal. En condiciones de estrés calórico los cerdos desarrollan una masa muscular reducida y se incrementa el tejido adiposo dorsal y visceral, aumentando la grasa total de la canal. Durante periodos de estrés calórico disminuye la deposición de proteína para reducir la producción de calor metabólico, quedando más energía disponible para la deposición de grasa. Amplias revisiones de datos de producción concuerdan con lo anterior, con los mejores parámetros para peso de la canal, total de carne magra y grosor de músculo registrados en los meses más frescos del año, disminuyendo conforme se presentan los meses más calientes del año. Por otro lado, los registros del

mayor grosor de grasa dorsal se obtienen en los meses más calientes del año.

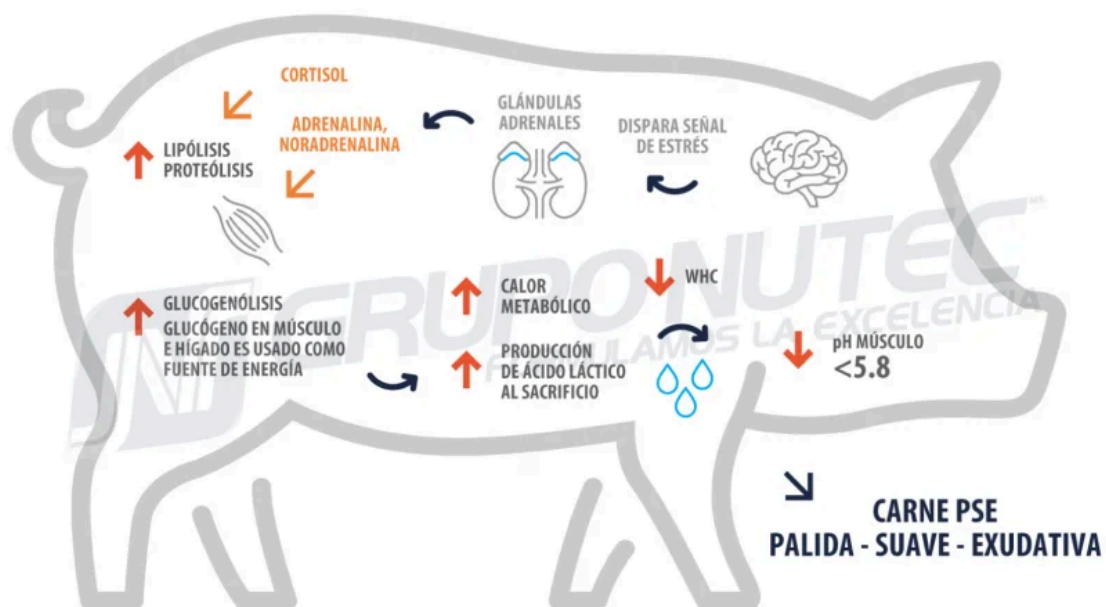
EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LA CANAL EN FUNCIÓN DEL MES, AÑO Y ÉPOCA DEL AÑO;
DATOS REGISTRADOS DURANTE TRES AÑOS OBTENIDOS DE GRANJAS COMERCIALES



3) Efecto sobre la calidad de la carne. La calidad de la carne de cerdo puede ser afectada por factores genéticos y diversas situaciones estresantes que se presentan antes del sacrificio. Uno de estos factores estresantes es el estrés calórico, que altera las propiedades químicas de la carne modificando su color, textura, valor nutricional y el grado de utilización. Cuando un animal es sometido a estrés el cortisol y la adrenalina movilizan energía para ser utilizada de manera inmediata para reaccionar o responder al estrés. La energía es obtenida del glucógeno almacenado en músculos e hígado, que es convertido a glucosa y posteriormente en ácido láctico. Al sacrificio, la cantidad de ácido láctico muscular determina el pH de la carne; variaciones del pH pueden tener como resultado la presentación de carne PSE y carne OFS.

Carne PSE (Pálida - Suave - Exudativa)

Cuando el estrés calórico se presenta de manera súbita o en periodos de tiempo cortos se dispara una señal de estrés aguda que induce la liberación de cortisol y adrenalina por las glándulas adrenales que causan lipólisis, proteólisis y el incremento de glucogenólisis para la utilización del glucógeno almacenado en músculos e hígado como fuente de energía. Esto incrementa la producción de calor metabólico y la producción de ácido láctico dañando las proteínas musculares que pierden la capacidad de retención de agua (WHC) y ocasiona que el pH muscular disminuya a 5.8 o menos. Este proceso da como resultado carne de color pálido, textura blanda y con pérdida de agua, con mayor afectación de los músculos de pierna y lomo.



Adaptado de Dr. Lauren Edwards, The Pig Site; 2019.

Carne OFS (Oscura - Firme - Seca)

Cuando el estrés calórico se presenta por periodos de tiempo prolongados la señal de estrés se mantiene de manera continua. Al igual que en el caso de la carne PSE, la señal de estrés induce la liberación de cortisol y adrenalina por las glándulas adrenales

térmico también ocasionan alteraciones que tienen consecuencias negativas.

Los efectos negativos del estrés calórico pueden ser disminuidos adoptando estrategias dirigidas a facilitar los mecanismos de termorregulación que le permitan al cerdo adaptarse rápidamente para mantener el balance térmico y minimizar los cambios metabólicos. Estas estrategias deben estar dirigidas hacia la maximización de la disipación calórica, minimizar la producción de calor metabólico, la reducción de la absorción de calor ambiental y a la compensación del bajo consumo y la pérdida de nutrientes. Algunas de estas estrategias implican instalaciones y tecnologías, pero otras se relacionan con el manejo rutinario de la granja y pueden aplicarse de manera práctica:

ESTRATEGIA	OBJETIVO
Sistemas de enfriamiento: techos reflejantes, aspersores, ventiladores, nebulizadores y sistemas de ventilación	Disminuyen el ITH en 1 - 5 unidades, reducen la temperatura ambiental (5 a 8°C) y en consecuencia reducen la temperatura corporal (0.3 a 1°C).
Suficiente agua limpia y fresca	Incrementar el consumo de alimento; disminuir la temperatura corporal, y compensar pérdidas por deshidratación.
Dividir el consumo total de alimento en varias raciones pequeñas repartidas en el día ; alimentar durante las horas frescas del día y por la noche.	Incrementar el consumo de alimento sin elevar la temperatura corporal; reducir la producción de calor metabólico y que debe ser disipado en cada comida.
Reducción del contenido de proteína cruda total y de fibra cruda	Disminuir la producción de calor metabólico.
Aminoácidos sintéticos	Disminuir la producción de calor metabólico, compensar la disminución del consumo total.
Inclusión de grasa en la dieta	Aumentar la densidad energética sin incrementar la producción de calor metabólico.
Vitaminas A, C y D Minerales Traza Cu, Mn, Se, Zn	Mejorar el estatus antioxidante.
Cromo	Mejorar la sensibilidad de tejidos a insulina y aumentar la utilización de glucosa.
Electrolitos	Reponer electrolitos eliminados vía orina, mantener el balance electrolítico y ácido-básico.
Prebióticos y probióticos	Protección de la integridad y funcionalidad intestinal; mejorar el balance de microbiota intestinal.
Adsorbente de micotoxinas	Disminuir las micotoxinas que ocasionan estrés oxidativo, inflamación e inmunosupresión.
Antioxidantes	Incrementar la capacidad antioxidante.
Fitobióticos	Aumentar la capacidad de termoregulación, activar la producción de antioxidantes, reducir y modular la producción de proinflamatorios, y modular el sistema inmune.

Thermo® Control

Reduzca al máximo las consecuencias negativas del estrés calórico





Rendimiento zootécnico



Rentabilidad



Bienestar animal

Formulación fitobiótica de **ingredientes funcionales y palatables** para combatir de manera integral los múltiples efectos del estrés calórico.

Estimula el apetito y promueve el consumo, ayudando a los animales a mantener ingesta energética y proteica adecuada, bajo calor extremo.

Protege la ganancia de peso bajo estrés calórico





Bibliografía

Alma Delia Alarcón Rojo, Jesús Octavio Duarte Atondo, Felipe Alonso Rodríguez Almeida, Héctor Janacua Vidales; 2005. Incidencia de carne pálida-suave-exudativa (PSE) y oscura-firme-seca (DFD) en cerdos sacrificados en la región del Bajío en México. *Téc Pecu Méx* 2005;43(3):335-346.

de Oliveira, M.J.K.; Polycarpo, G.V.; Andretta, I.; Melo, A.D.B.; Marçal, D.A.; Létourneau-Montminy, M.P.; Hauschild, L. Effect of Constant and Cyclic Heat Stress on Growth Performance, Water Intake, and Physiological Responses in Pigs: A Meta-Analysis. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2024, 309, 115904.

Hahn, G.L., Gaughan, J.B., Mader T.L. and Eigenberg R.A. (2009). Chapter 5: Thermal indices and their applications for livestock environments. In J.A. DeShazer, ed. *Livestock energetics and thermal environmental management*, 113-130. St. Joseph, Mich: ASAE.

Mader TL, Johnson LJ, Gaughan JB (2010) A comprehensive index for assessing environmental stress in animals. *J Anim Sci* 88:2153–2165.

N. Lee, J. W. Choi, H. S. Ko, S. J. Ohh, Y. H. Kim, A. R. Jang and J. S. Kim; 2019. Comparison of linear functions to estimate growth performance and feed intake variations pattern in growing and finishing pigs in high ambient temperature *J. Indonesian Trop. Anim. Agric.* 44(2):177-186, June 2019.

N. R. St-Pierre, B. Cobanov, and G. Schnitkey; 2003. Economic Losses from Heat Stress by US Livestock Industries. *J. Dairy Sci.* 86:(E. Suppl.): E52–E77.

Rahul Katiyar, Chamniugongliu Gonmei, Sourabh Deori, Mahak Singh, Sayed Nabil Abedin, Rupali Rautela, Ningthoujam Suraj Singh, Himsikha Chakravarty, Meena Das, B. U. Choudhury, Vinay Kumar Mishra; 2025. Effect of heat stress on pig production and its mitigation strategies: a review. *Tropical Animal Health and Production* (2025) 57:139.



