



Eventos

Llega Intercarn: el mayor escaparate para el sector cárnico en Alimentaria

Actualidad

Evolución del sector cárnico en 2025

Sala de despiece

Juventud, divino tesoro. Literal





Betaína para mitigar los efectos del estrés térmico en la producción y la calidad de la carne de cordero ligero

El proyecto de investigación HEAT2MEAT busca el desarrollo de herramientas no invasivas para detectar carne defectuosa tras estrés térmico. El objetivo es ampliar el conocimiento sobre los efectos de este en la producción de corderos ligeros destinados al consumo de carne, para lo que se investiga la inclusión de betaína como estrategia nutricional para mitigar los efectos negativos del estrés térmico sobre la producción y la calidad de la carne.

**Guillermo Ripoll¹, Margalida Joy¹, Josean Mendizabal²,
María Jesús Alcalde³, Kizkitza Insausti²,
Jorge Hugo Calvo¹, Mireia Blanco¹, Olaia Urrutia²,
Fabrizio Cecilian⁴, Cristina Lecchi⁴,
Javier Ferrer¹, Celia Conesa¹, Verónica Sierra⁵,
Mamen Oliván⁵ y Sandra Lobón¹**

¹ Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA). Instituto Agroalimentario de Aragón – IA2 (CITA-Universidad de Zaragoza).

E-mail: gripoll@cita-aragon.es

² Universidad Pública de Navarra

³ Universidad de Sevilla

⁴ Università degli studi di Milano

⁵ SERIDA

HEAT2MEAT ES UN PROYECTO de investigación, liderado por los investigadores Guillermo Ripoll y Sandra Lobón del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), que tiene como objetivo ampliar el conocimiento sobre los efectos perjudiciales del estrés térmico en la producción de corderos ligeros destinados al consumo de carne, una de las principales producciones ganaderas en las zonas semiáridas de España. En este contexto, el proyecto investigará la inclusión de betaína como estrategia nutricional para mitigar los efectos negativos del estrés térmico sobre la producción ganadera y la calidad de la carne. En caso de que dicho estrés provoque la aparición de carnes defectuosas, un objetivo adicional será diseñar herramientas inter-

disciplinarias que integren biomarcadores de estrés térmico con espectroscopía infrarroja, dentro de un marco de aprendizaje automático. Por lo tanto, un enfoque clave del proyecto radica en el desarrollo de aplicaciones industriales que garanticen que la carne disponible en el mercado provenga de animales no estresados, asegurando así su bienestar, y que además permitan identificar y redirigir la carne defectuosa hacia usos alternativos, reduciendo el desperdicio alimentario y contribuyendo a sistemas de producción cárnica sostenibles y eficientes.

El proyecto busca desarrollar aplicaciones industriales que garanticen que la carne disponible en el mercado provenga de animales no estresados, asegurando así su bienestar

Por ello, el proyecto se titula “Betaína para mitigar los efectos del estrés térmico en la producción y la calidad de la carne de cordero ligero. Desarrollo de herramientas no invasivas para detectar carne defectuosa debida al estrés térmico (HEAT2MEAT)”. Este proyecto de I+D+i (PID2024-157533OR-I00) está financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033/ y “FEDER Una manera de hacer Europa” y tiene una duración de 3 años, comenzando en septiembre de 2025.

En el proyecto participan también investigadores de la Universidad Pública de Navarra, la Universidad de Sevilla, la Universidad de Milán y el SERIDA de Asturias. El equipo de investigación cuenta con experiencia demostrada en producción de carne de rumiantes, ya que lleva décadas estudiando este tipo de ganado. Su trabajo tiene relevancia internacional en la producción de carne de vacuno y ovino bajo diversas estrategias de manejo, buscando mejorar el rendimiento, el bienestar y la calidad del producto cárnico.

El proyecto busca proporcionar soluciones a los desafíos de la industria cárnica mediante un enfoque integrado que involucra a todos los actores de la cadena de valor, y que promueve una producción inteligente, sostenible y respetuosa con el bienestar animal, orientada a la obtención de alimentos segu-

ros, saludables y de alta calidad. El uso de tecnologías digitales promoverá una ganadería centrada en el bienestar animal, reduciendo la generación de carne de baja calidad y minimizando el desperdicio alimentario.

Introducción

El cordero es una de las principales producciones ganaderas para carne en zonas áridas de España. Debido al aumento pronunciado de las temperaturas, junto con olas de calor más frecuentes y disminución de las precipitaciones durante primavera y verano, la cuenca mediterránea ha sido categorizada como un punto caliente del calentamiento global (Giorgi, 2006). El incremento de las temperaturas máximas será particularmente intenso en el interior de España (Amblar *et al.*, 2017). Por lo tanto, diversas comunidades españolas se enfrentan a un alto impacto del cambio climático y estarán más expuestas a sus consecuencias perjudiciales, como el empeoramiento de los parámetros productivos (Gaughan *et al.*, 2008).

El estrés térmico ocurre cuando el animal no puede disipar el calor suficiente para equilibrar el que produce internamente y el que recibe del ambiente. La severidad del estrés térmico se mide mediante el Índice de Temperatura-Humedad (THI). Existen diferentes fórmulas para calcular el THI, algunas más específicas para ciertos tipos de animales. Para ovejas, la fórmula propuesta por Marai *et al.* (2007) es especialmente útil para detectar el estrés térmico de forma temprana, ya que es más sensible a los cambios de temperatura y humedad. Algunos autores han estudiado la evolución del THI en áreas mediterráneas, y las predicciones indican que, durante el verano, los valores alcanzarán umbrales asociados a estrés térmico en animales de granja, así como un mayor riesgo para su salud, bienestar y rendimiento, excepto en el norte de España, Francia y regiones alpinas (Segnalini *et al.*, 2013). Sin embargo, se desconoce el umbral de THI a partir del cual la producción típica de cordero en España se puede ver afectada. El estrés térmico provoca una serie de cambios fisiológicos y metabólicos que actúan como mecanismos compensatorios para intentar mantener la homeostasis. Entre ellos se incluyen el aumento de la temperatura corporal, alteraciones en la actividad enzimática, el incremento

de los niveles de cortisol y corticosterona y la reducción de la ingesta de alimento, lo que conlleva una menor energía disponible para las células. Además, el estrés térmico induce desequilibrios electrolíticos, variaciones en el pH sanguíneo, alteraciones en la microbiota intestinal protectora y en el estado oxidativo. En conjunto, estos efectos afectan negativamente al crecimiento y a la producción de carne, disminuyendo el porcentaje de grasa y aumentando la masa magra, lo que deprecia el valor de las canales.

La Rasa Aragonesa, raza predominante en España, es una raza ovina autóctona mediterránea del noreste del país, criada principalmente en sistemas extensivos o semi-extensivos y orientada a la producción de carne. La mayoría del ganado se ha seleccionado en función de la eficiencia productiva y la rentabilidad. Así, la Rasa Aragonesa está incluida en un programa de selección para prolificidad des-

de 1994, aunque otros objetivos incluyen aumentar la producción de leche y el comportamiento maternal. Sin embargo, la selección genética para alta productividad puede reducir la tolerancia al cambio climático. Con el aumento continuo del calentamiento global y el desarrollo de la cría intensiva, el estrés térmico ha causado pérdidas económicas sustanciales en la industria ganadera. Por ello, el estrés térmico se considera uno de los factores de estrés más desafiantes, y las consecuencias en producciones orientadas a carne, como el cordero ligero Rasa Aragonesa, siguen siendo desconocidas. Actualmente, es importante evaluar el efecto de las condiciones climáticas actuales sobre esta raza autóctona para redefinir los objetivos de selección genética hacia la resistencia al estrés térmico.

Además, es necesario buscar estrategias que mitiguen el estrés térmico en los animales. Una de las opciones posibles es la inclusión de betaína en

FIGURA 1

Esquema de los experimentos de cebo de corderos para conseguir distintos valores de Índice Temperatura-Humedad (THI)



el pienso de corderos. La betaína es un compuesto natural presente en bacterias, plantas y células animales. Como derivado no tóxico de aminoácidos, la betaína cumple dos funciones principales en los mamíferos. Por una parte, actúa como donador de grupos metilo, conservando el aminoácido metionina y aumentando así la síntesis proteica. Por otra, funciona como osmoprotector orgánico, regulando el equilibrio hídrico y electrolítico.

La betaína puede mitigar los efectos del estrés térmico protegiendo proteínas y enzimas de las células intestinales y regulando el balance de agua y electrolitos, lo que permite un metabolismo tisular y celular más estable gracias a sus funciones osmoreguladoras. A nivel celular, la betaína actúa como las chaperonas moleculares, que son proteínas especializadas encargadas de ayudar a otras proteínas a evitar su agregación y protegerlas frente a daños producidos por el estrés. De esta forma, reduce la necesidad de inducir la expresión de proteínas de choque térmico que sirven para proteger a la célula. Esto contribuye a mantener la funcionalidad celular y la eficiencia metabólica, incluso bajo condiciones de estrés térmico.

Las estrategias dietéticas que incluyen betaína han sido estudiadas para enfrentar el estrés térmico en vacas lecheras, aves, ovejas adultas y cerdos. Sin embargo, no se ha evaluado previamente la dosis de betaína necesaria para mitigar los efectos del estrés térmico en corderos ligeros destinados al mercado cárnico. Algunos estudios han demostrado que la betaína puede mejorar la producción de leche en vacas lecheras, aunque los resultados en

bovinos de carne son menos concluyentes. Otros trabajos evaluaron el efecto de la betaína en la alimentación de corderos manchegos, pero sin considerar el estrés térmico ni la dosis óptima. Hasta donde sabemos, existen pocos estudios centrados en los efectos del estrés térmico en producciones ganaderas tradicionales españolas orientadas a carne, como los corderos ligeros de la raza Rasa Aragonesa, a pesar de que estas áreas

de producción deben enfrentar el clima cálido del verano mediterráneo que provoca estrés térmico. Además, ninguno de estos estudios ha evaluado diferentes dosis de betaína.

Objetivos generales y específicos

El objetivo principal de este proyecto es diseñar una estrategia nutricional que mitigue los efectos adversos del estrés térmico sobre la productividad y la calidad de la carne de corderos de la raza Rasa Aragonesa. Para lograr este objetivo general, se han definido los siguientes objetivos específicos:

- **Objetivo 1:** Establecer un gradiente de THI que genere diferentes niveles de estrés térmico en los corderos y estudiar sus efectos sobre parámetros productivos, mecanismos fisiológicos y metabólicos, y calidad de la carne.
- **Objetivo 2:** Evaluar la dosis adecuada de betaína dietética para evitar los efectos perjudiciales del estrés térmico sobre parámetros productivos, mecanismos fisiológicos y calidad de la carne.
- **Objetivo 3:** Estudiar el potencial de técnicas no destructivas junto con herramientas de aprendizaje automático para evaluar el efecto del estrés térmico en la carne y desarrollar un sistema fiable de control de calidad que evite el desperdicio de carne y detecte animales criados bajo estrés térmico que comprometan el bienestar animal.
- **Objetivo 4:** Analizar la influencia de la inclusión de betaína en el perfil de miARNs en vesículas extracelulares (vesículas extracelulares) de corderos bajo estrés térmico.

- **Objetivo 5:** Comunicar y difundir los resultados, transfiriendo la información adquirida a la sociedad y sensibilizando sobre los efectos del cambio climático en la ganadería.

Metodología y diseño experimental

Para conseguir los distintos valores de THI y poder determinar en qué momento los corderos sufren estrés térmico, se realizarán cuatro ensayos de cebo de corderos en dos localizaciones separadas por 135 km tanto en verano como en invierno. Una de las localizaciones será Zaragoza, como representativa de un clima árido y la otra será en el Pirineo aragonés, como clima de montaña. En cada uno de los experimentos, se cebarán 36 corderos de Rasa Aragonesa, desde el destete hasta su sacrificio con unos 22-24 kg de peso vivo. Durante el periodo de cebo (45 días aproximadamente), los

corderos se alimentarán con un pienso comercial al que se le habrá adicionado distintos niveles de betaína, como se muestra en la **figura 1**.

Durante el cebo, se controlarán en los animales variables productivas (ganancia media diaria, índice de conversión, consumo de pienso y agua), fisiológicas (temperatura rectal, temperatura cutánea, biomarcadores sanguíneos como cortisol, ácidos grasos no esterificados, citrulina y antioxidantes). También se medirá mediante ecografía el espesor de grasa subcutánea y del lomo. Estas medidas se llevarán a cabo ya que los animales que han sufrido estrés responden con cambios fisiológicos que involucran los ejes simpático-adrenomedular e hipotálamo-hipófisis-adrenal. Parámetros como la temperatura rectal, la frecuencia cardíaca, la ingesta de agua y el cortisol plasmático están estrechamente relacionados con el estrés térmico y se modulan para mantener la homeostasis (Kim *et al.*, 2023). Bajo condiciones de es-

trés térmico, la temperatura rectal aumenta cuando el organismo no logra mantener el equilibrio térmico, por lo que se considera el método predominante para evaluar la temperatura corporal central (Godyń *et al.*, 2019). El cambio más evidente en la capacidad del animal para adaptarse a altas temperaturas ambientales es la reducción en la ingesta de alimento, lo que conduce a una pérdida de productividad (Collier & Gebremedhin, 2015) y la movilización de grasa del tejido adiposo (Baumgard *et al.*, 2012).

El estrés térmico agudo antes del sacrificio puede dar lugar a carne PSE por aceleración de la glucogenólisis muscular y rápida disminución del pH mientras la canal aún está caliente

Una vez sacrificados los corderos, se realizarán una serie de medidas como la medición del pH ruminal, ácidos grasos volátiles y amoníaco, análisis del microbioma ileal mediante secuenciación de genes para la identificación de cambios en la diversidad microbiana asociados al estrés térmico y la suplementación con betaína.

Todo ello para ver cómo se ha modificado la microbiota ruminal y consecuentemente la del intestino, ya que otro impacto negativo del estrés térmico es la degradación de las estructuras epiteliales intestinales y alteraciones en la diversidad de la microbiota, lo que puede favorecer la colonización de microbiota patógena (Patra *et al.*, 2021). El epitelio intestinal permite la absorción de macromoléculas y nutrientes esenciales, actuando como barrera frente a endotoxinas, antígenos y patógenos. La pérdida de integridad aumenta la permeabilidad y facilita la translocación de bacterias y toxinas al organismo, incrementando la producción de citocinas proinflamatorias (Hosseindoust *et al.*, 2022). La salud de la barrera intestinal puede evaluarse midiendo la citrulina, un aminoácido producido exclusivamente por los enterocitos del intestino delgado. Así pues, niveles circulantes bajos de citrulina pueden indicar daño en los enterocitos (Gultekin *et al.*, 2019).

Uno de los pilares del proyecto es el estudio de

la calidad de la carne y de cómo esta puede estar influida por el estrés térmico, y si la adición de betaína es útil para garantizar dicha calidad de la carne. El estrés térmico también afecta negativamente la calidad de la carne debido a sus efectos sobre el metabolismo de grasa y músculo.

Las alteraciones en el balance energético entre grasa, carbohidratos y proteínas aumentan la incidencia de carnes tipo PSE (pálida, blanda y exudativa) y DFD (oscura, firme y seca) (Adzitey *et al.*, 2011). El estrés térmico agudo antes del sacrificio puede dar lugar a carne PSE por aceleración de la glucogenólisis muscular y rápida disminución del pH mientras la canal aún está caliente, reduciendo el pH y el color rojo, e incrementando la pérdida de jugos y la luminosidad, aunque este defecto es poco común en carne de cordero.

En cambio, el estrés térmico crónico reduce las reservas de glucógeno muscular, lo que frena la caída del pH, resultando en carne DFD, común en corderos (Liu *et al.*, 2016). La carne DFD, con pH final elevado, es oscura, con fibras gruesas y textura pegajosa. Este tipo de carne es indeseable para el consumo humano y genera importantes pérdidas económicas. Aunque no hay datos claros sobre el impacto de estas carnes en la industria española, se sabe que se penaliza el precio de la canal con descuentos entre el 30 y el 60 % cuando el pH supera 5,8.

Los mecanismos que explican la disminución de la calidad de la carne también están estrechamente relacionados con el estrés oxidativo. El estrés térmico aumenta la producción de especies reactivas de oxígeno, lo que provoca oxidación de proteínas musculares y disminución de la capacidad de retención de agua. Para contrarrestar las especies reactivas de oxígeno, las enzimas endógenas como la superóxido dismutasa y la glutatión peroxidasa protegen contra el estrés oxidativo y la peroxidación lipídica. Todos estos fenómenos oxidativos, tanto de la proteína como de la grasa, afecta negativamente a la calidad de la carne de cordero.

Por todo ello, se va a estudiar la calidad desde un punto de vista convencional, estudiando el pH, composición química (proteínas, grasa), color, capacidad de retención de agua, textura, oxidación lipídica y perfil de ácidos grasos, pero también se van a realizar otro tipo de estudios.

Por ejemplo, se va a realizar un análisis de marcadores moleculares de autofagia y apoptosis que

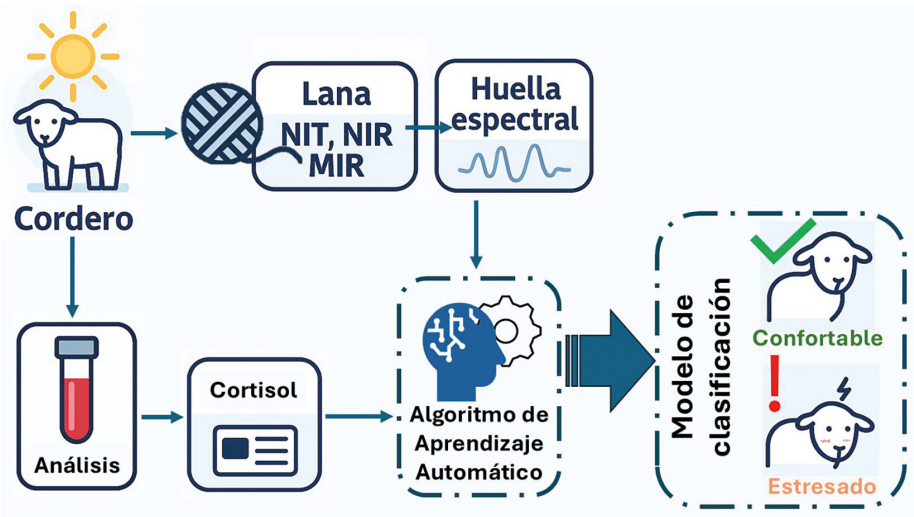
permite entender cómo responden las células musculares al estrés antes y después del sacrificio, y cómo esos procesos afectan la calidad final de la carne (color, terneza, jugosidad, oxidación y vida útil). La autofagia y la apoptosis son mecanismos de degradación y muerte celular controlada pero que son útiles. La autofagia es como un “reciclaje” de componentes celulares para mantener la homeostasis bajo estrés, y la apoptosis, o muerte celular programada, es necesaria pero que, si es excesiva o desregulada, puede alterar la estructura muscular y la textura de la carne. Su estudio permite evaluar el impacto del estrés térmico en los animales antes del sacrificio, relacionar las respuestas celulares con parámetros de calidad tecnológica y diseñar estrategias nutricionales como el uso de betaína, que mitiguen el estrés y mejoren la calidad final.

Además, se harán estudios de la celularidad y el metabolismo del tejido adiposo mediante transcriptómica que busca conocer qué genes se están expresando en el tejido graso y cómo esa expresión influye en la calidad de la canal y de la carne. En nuestro caso, el enfoque transcriptómico permite identificar patrones de expresión génica asociados con la diferenciación, el crecimiento y la función metabólica del adipocito, para conocer su adaptación al estrés.

También se caracterizarán las vesículas extracelulares y se secuenciarán microARN. Las vesículas extracelulares han surgido como elementos esenciales en la comunicación celular, participando en la regulación del metabolismo, la respuesta inmune, el estrés oxidativo y otros procesos fisiológicos y patológicos. Las vesículas extracelulares y su contenido en microARNs han cobrado gran interés por su papel regulador en diversos procesos biológicos. En el contexto del estrés térmico, las vesículas extracelulares derivadas de células granulosas desempeñan un papel protector al reducir la acumulación de especies reactivas de oxígeno, mejorar la función mitocondrial y suprimir la expresión de genes relacionados con el estrés, mitigando así los efectos perjudiciales del estrés térmico en células foliculares y embriones bovinos. Estos hallazgos sugieren que la producción y composición de exosomas podrían servir como biomarcadores potenciales del estrés térmico.

FIGURA 2

Diagrama de flujo para el desarrollo de modelos de clasificación de bienestar animal utilizando la lana



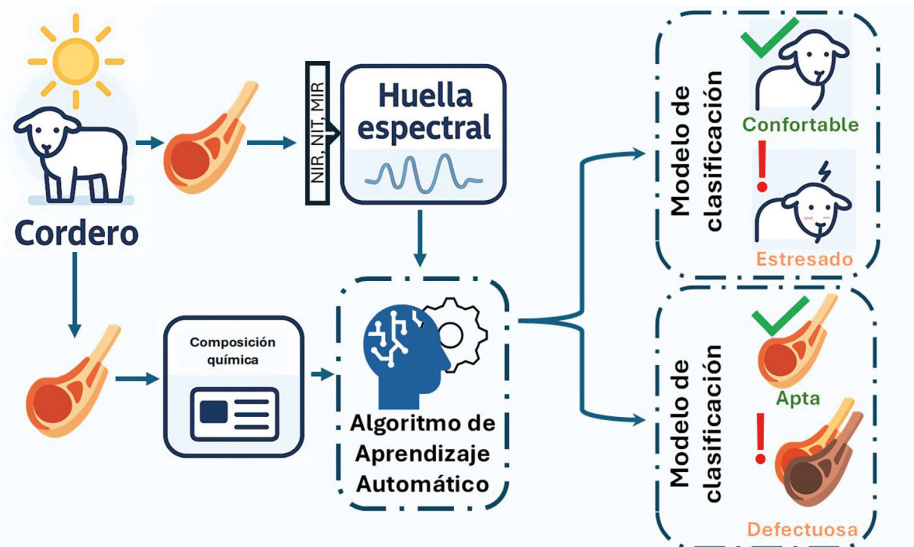
pectral” de un material. Esta información es única y se puede utilizar para relacionarla con aspectos cuantitativos de la calidad de la carne, o con los niveles de cortisol del cordero. Además, esta tecnología, a diferencia de otras, no utiliza reactivos químicos por lo que es respetuosa con el medio ambiente.

En el proyecto se recogerá la huella espectral de la lana del cordero mientras está en el cebo, y de la carne una vez sacrificado. Para estudiar la utilidad de distintas técnicas de espectroscopía en el infrarrojo, se recogerán espectros en el espectro del infrarrojo cercano mediante transmitancia y reflectancia, puesto que cada una de ellas aporta información distinta. La transmitancia recoge información de toda la muestra mientras que la reflectancia recoge información centrada en la superficie.

También se utilizará un espectroscopio centrado en el espectro infrarrojo medio, que obtiene mejor información en muestras con alta humedad. Como se muestra en la **figura 2**, teniendo la huella espectral de la lana y los valores de cortisol en sangre que nos indican si el cordero sufre de estrés

FIGURA 3

Diagrama de flujo para el desarrollo de modelos de clasificación de bienestar animal y calidad de la carne



Uso de tecnologías limpias y rápidas para la identificación y cuantificación del bienestar animal y la calidad de la carne

La espectroscopía de infrarrojo cercano es una tecnología que permite, de una manera rápida y poco destructiva, conseguir la llamada “huella es-

térmico, se desarrollarán modelos de clasificación utilizando inteligencia artificial, o en concreto algoritmos de aprendizaje automático que pueden relacionar de una manera eficiente las características del espectro infrarrojo de la lana con el cortisol.

De esta manera, con una muestra de lana podríamos saber si el cordero sufre estrés durante el cebo de una manera rápida y sin extracción de sangre, y

de esta manera poner medios para evitar ese estrés.

De igual modo, con los espectros de la carne conseguidos una vez sacrificado el animal, podemos conseguir modelos de cuantificación de parámetros de calidad de carne como su cantidad de grasa, proteína, colágeno, etc., y además detectar en el momento carne que por su pH u otros parámetros como color, textura y capacidad de retención de agua se consideran carnes defectuosas. Así, de una manera rápida y por lo tanto ventajosa para la industria, se pueden derivar estas carnes defectuosas, que en muchos casos tienen una vida útil limitada o pocas opciones de venta por su apariencia, a otros usos más adecuados. Este proceso se detalla en la **figura 3**.

Impacto social y económico esperado

El cálculo del retorno social de la inversión es complejo por la falta de datos sobre el impacto económico del estrés térmico en la industria ovina española. Sin embargo, estimaciones previas indican pérdidas de 241 millones de euros en bovino de engorde en EE. UU. y 45 millones de euros en el sector lácteo del Reino Unido sin medidas de mitigación ante el estrés térmico (Wall *et al.* 2022). En España, una reducción del 10 % en la ganancia media diaria (de 240 g/día a 216 g/día) por estrés térmico aumen-

taría los días de cebo y el coste de alimentación en 1,85 € por cordero. A nivel nacional, esto supondría una pérdida de 16,5 millones de euros, sin considerar otros factores. Estimaciones recientes indican que alrededor del 30 % de las zonas agrícolas de la UE corren el riesgo de abandono para 2030 (Schuh, 2022). Por lo tanto, la falta de rentabilidad causada por el estrés térmico podría inclinar la balanza hacia el cierre de explotaciones. Este proyecto busca minimizar la desaparición de explotaciones y puestos de trabajo ofreciendo estrategias nutricionales para salvaguardar los ingresos de las explotaciones.

Además, el estrés térmico incrementa la aparición de carne defectuosa, que presenta defectos irreversibles y provoca rechazo del consumidor y desperdicio. En el marco de la economía circular, este proyecto tiene por objeto mejorar la eficiencia de la cadena de producción cárnica mediante la mitigación o la detección precoz de la carne defectuosa. El desarrollo de métodos rápidos y sencillos para predecir la calidad de la carne ayudará a tomar decisiones informadas para optimizar la distribución de los productos, minimizar las pérdidas y reducir los residuos a lo largo de la cadena de producción primaria. Al mantener el valor de los productos dentro de la economía durante el mayor tiempo posible y reducir la generación de residuos, este proyecto investiga el enfoque de la economía circular.



Además, algunos estudios han relacionado el estrés térmico con una mayor probabilidad de que los patógenos transmitidos por los alimentos sobrevivan al paso gástrico, colonicen el tracto gastrointestinal distal y sean posteriormente excretados al medio ambiente (Gonzalez-Rivas *et al.*, 2020). Estas enfermedades transmitidas por los alimentos han provocado pérdidas económicas de aproximadamente 15.000 millones de dólares en los Estados Unidos (USDA).

La producción de remolacha en España se concentra territorialmente en torno a cinco fábricas, con un fuerte vínculo entre el sector productivo y el sector industrial, lo que confiere al cultivo de la remolacha una gran importancia socioeconómica para las regiones donde se desarrolla, actuando como vector de desarrollo rural. Sin embargo, la superficie dedicada a este cultivo sigue disminuyendo anualmente, pasando de 46.000 hectáreas en 2010 a 28.000 hectáreas en 2023. El uso de betaína puede revalorizar un subproducto agroindustrial, contribuyendo a la economía circular y evitando el abandono de cultivos y empleos en zonas rurales.

En definitiva, el proyecto HEAT2MEAT contribuirá a mantener la rentabilidad de las explotaciones y evitar el abandono rural, mejorar el bienestar animal y la imagen del sector, reducir el desperdicio alimentario y las emisiones asociadas y proporcionar alimentos seguros y de calidad para el consumidor.

Referencias

- **Adzitey *et al.*** Pale Soft Exudative (PSE) and Dark Firm Dry (DFD) Meats: Causes and Measures to Reduce These Incidences-a Mini Review. *Int. Food Res. J.* 2011, 18, 11–20.
- **Amblar *et al.*** Guía de Escenarios Regionalizados de Cambio Climático Sobre España a Partir de Los

Resultados Del IPCC-AR5; Agencia Estatal de Meteorología, 2017.

- **Baumgard *et al.*** Ruminant Nutrition Symposium: Ruminant Production and Metabolic Responses to Heat Stress. *J. Anim. Sci.* 2012, 90, 1855–1865.
- **Collier, R.J.; Gebremedhin, K.G.** Thermal Biology of Domestic Animals. *Annu. Rev. Anim. Biosci.* 2015, 3, 513–532.
- **Gaughan *et al.*** A New Heat Load Index for Feedlot Cattle. *J. Anim. Sci.* 2008, 86, 226-234.
- **Giorgi, F.** Climate Change Hot-Spots. *Geophys. Res. Lett.* 2006, 33, 8707.
- **Godyń *et al.*** Measurements of Peripheral and Deep Body Temperature in Cattle - A Review. *J. Therm. Biol.* 2019, 79, 42-49.
- **Gonzalez-Rivas *et al.*** Effects of Heat Stress on Animal Physiology, Metabolism, and Meat Quality: A Review. *Meat Sci.* 2020, 162, 108025.
- **Gultekin *et al.*** Plasma Citrulline, Arginine, Nitric Oxide, and Blood Ammonia Levels in Neonatal Calves with Acute Diarrhea. *J. Vet. Intern. Med.* 2019, 33, 987–998.
- **Hosseindoust *et al.*** Quantifying Heat Stress; the Roles on Metabolic Status and Intestinal Integrity in Poultry, a Review. *Domest. Anim. Endocrinol.* 2022, 81, 106745.
- **Kim *et al.*** Heat Stress Effects on Physiological and Blood Parameters, and Behavior in Early Fattening Stage of Beef Steers. *Animals* 2023, 13, 1130.
- **Liu *et al.*** Effects of Chestnut Tannins on the Meat Quality, Welfare, and Antioxidant Status of Heat-Stressed Lambs. *Meat Sci.* 2016, 116, 236–242.
- **Marai *et al.*** Physiological Traits as Affected by Heat Stress in Sheep-A Review. *Small Rum. Res.* 2007, 71, 1-12.
- **Patra *et al.*** Heat Stress on Microbiota Composition, Barrier Integrity, and Nutrient Transport in Gut, Production Performance, and Its Amelioration in Farm Animals. *J. Anim. Sci. Technol.* 2021, 63, 211–247.
- **Schuh, B.** Research for AGRI Committee - The Future of the European Farming Model: Socio-Economic and Territorial Implications of the Decline in the Number of Farms and Farmers in the EU. 2022.
- **Segnalini *et al.*** Temperature Humidity Index Scenarios in the Mediterranean Basin. *Int. J. Biometeorol.* 2013, 57, 451–458.
- **Wall *et al.*** Biological and Economic Consequences Heat Stress Due to a Changing Climate on UK Livestock. *Advances in Animal Biosciences* 2010, 1, 53. e