

Sonia Otero Estévez | Sandra Sánchez Sánchez (coords.)

# Caminando hacia una alimentación sostenible en Asturias





**Caminando hacia una alimentación  
sostenible en Asturias**



# **Caminando hacia una alimentación sostenible en Asturias**



SONIA OTERO ESTÉVEZ  
SANDRA SÁNCHEZ SÁNCHEZ  
(coords.)

EDICIONES TREA

Primera edición: septiembre de 2024

© del texto: los autores de cada capítulo, 2024

© de esta edición: Ediciones Trea, S. L.  
Polígono de Somonte / María González la Pondala, 98, nave D  
33393 Somonte-Cenero. Gijón (Asturias)  
Tél.: 985 303 801 / Fax: 985 303 712  
trea@trea.es / www.trea.es

Dirección editorial: Álvaro Díaz Huici  
Producción: Patricia Laxague Jordán  
Impresión: Gráficas Ulzama

D. L.: AS 00021-2024  
ISBN: 978-84-10263-31-4

Impreso en España. Printed in Spain

Todos los derechos reservados. No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea este electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo por escrito de Ediciones Trea, S. L.

La Editorial, a los efectos previstos en el artículo 32.1 párrafo segundo del vigente TRLPI, se opone expresamente a que cualquiera de las páginas de esta obra o partes de ella sean utilizadas para la realización de resúmenes de prensa.

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra ([www.conlicencia.com](http://www.conlicencia.com); 91 702 19 70 / 93 272 04 47).

# Índice

<b>Consorcio COMENSAL ¿Está la sociedad asturiana preparada para la sostenibilidad alimentaria?</b> .....	9
CECILIA DÍAZ MÉNDEZ	
<i>Grupo de Investigación en Sociología de la Alimentación de la Universidad de Oviedo</i>	

## CONTEXTUALIZANDO LA SOSTENIBILIDAD EN EL SISTEMA ALIMENTARIO ASTURIANO

<b>1. ¿Es nuestra alimentación sostenible? Percepciones de los agentes clave de la cadena agroalimentaria</b> .....	23
NEREA ESMORÍS VARELA y SONIA OTERO ESTÉVEZ	
<i>Grupo de Investigación en Sociología de la Alimentación de la Universidad de Oviedo</i>	
<b>2. Indicadores de sostenibilidad. Aplicación al sector agroalimentario en Asturias</b> .....	37
BEATRIZ GARCÍA CORNEJO, LUIS OREA SÁNCHEZ, JOSÉ ANTONIO PÉREZ MÉNDEZ y ALAN WALL	
<i>Oviedo Efficiency Group de la Universidad de Oviedo</i>	
<b>3. La incidencia de la Ley de residuos y suelos contaminados para una economía circular en el fomento de una alimentación saludable</b> .....	55
MARCOS M. PASCUAL GONZÁLEZ	
<i>Grupo de Investigación de Derecho Financiero y Tributario de la Universidad de Oviedo</i>	
<b>4. Panorama de los biorresiduos alimentarios en Asturias</b> .....	67
JOSÉ MANUEL GONZÁLEZ LA FUENTE y LAURA MEGIDO FERNÁNDEZ	
<i>Cogersa</i>	

## EXPLORANDO LAS BARRERAS, LIMITACIONES Y SOLUCIONES PARA TRANSITAR HACIA LA SOSTENIBILIDAD ALIMENTARIA

<b>5. Barreras de la producción, la distribución y la industria alimentaria para avanzar hacia la sostenibilidad</b> .....	83
LYDIA CASTELLANOS HEVIA y SANDRA SÁNCHEZ SÁNCHEZ	
<i>Grupo de Investigación en Sociología de la Alimentación de la Universidad de Oviedo</i>	

- 6. Actitudes y prácticas de sostenibilidad alimentaria de los consumidores asturianos** ..... 101  
 ADRIÁN ÁLVAREZ RODRÍGUEZ e ISABEL GARCÍA ESPEJO  
*Grupo de Investigación en Sociología de la Alimentación de la Universidad de Oviedo*
- 7. Educación, sensibilización e información ambiental: claves en la gestión sostenible de los biorresiduos alimentarios** ..... 115  
 ELENA FERNÁNDEZ MARTÍNEZ  
*Cogersa*
- 8. ¿Influye el sistema productivo sobre el bienestar animal y la calidad de la carne de vacuno?** ..... 129  
 VERÓNICA SIERRA SÁNCHEZ, LAURA GONZÁLEZ BLANCO, JAIRO GARCÍA RODRÍGUEZ,  
 ANA CASTAÑO FERNÁNDEZ, MARÍA JOSEFA GARCÍA ESPINA, JOSÉ ANTONIO GONZÁLEZ,  
 SERGIO JOSÉ MARQUÉS PRENDES y MAMEN OLIVÁN GARCÍA  
*Serida*
- 9. Moléculas en la leche que nos cuentan la vida de la vaca** ..... 141  
 LOUBNA AL-QASSIM, SENÉN DE LA TORRE SANTOS, SERGIO FORCADA MAZO,  
 ADELA MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, SILVIA BAIZÁN GONZÁLEZ, ROCÍO ROSA GARCÍA,  
 MARIO MENÉNDEZ MIRANDA, FERNANDO VICENTE MAINAR y LUIS ROYO MARTÍN  
*Serida*
- 10. Vida útil como herramienta de sostenibilidad** ..... 153  
 PELAYO GONZÁLEZ GONZÁLEZ | NATALIA PRADO MARRÓN | JUAN DÍAZ GARCÍA  
*Asincar*
- DIALOGANDO CON LOS AGENTES PARA CONSTRUIR UN CAMINO COMPARTIDO  
 HACIA LA SOSTENIBILIDAD ALIMENTARIA
- 11. Consensos y conflictos: discursos en torno a la sostenibilidad alimentaria** ..... 171  
 CECILIA DÍAZ MÉNDEZ y SONIA OTERO ESTÉVEZ  
*Grupo de Investigación en Sociología de la Alimentación de la Universidad de Oviedo*

## ¿Influye el sistema productivo sobre el bienestar animal y la calidad de la carne de vacuno?

VERÓNICA SIERRA | LAURA GONZÁLEZ-BLANCO | JAIRO GARCÍA-RODRÍGUEZ  
ANA CASTAÑO | MARÍA JOSEFA GARCÍA-ESPINA | JOSÉ ANTONIO GONZÁLEZ  
MAMEN OLIVÁN

*Área de Sistemas de Producción Animal.*

*Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario del Principado de Asturias  
(Serida)*

SERGIO MARQUÉS-PRENDES  
*Centro logístico Alimerka S. A. U.*

### RESUMEN

Asturias es una región eminentemente ganadera donde el 70 % de las explotaciones se centran en el sector cárnico, con un manejo tradicional vinculado al aprovechamiento del pasto y el forraje propios. En este capítulo se analiza el efecto que diferentes sistemas productivos (intensivo, extensivo y ecológico) tienen sobre el bienestar animal y la calidad final de la carne de vacuno. Los resultados obtenidos muestran índices más bajos de indicadores de estrés en la sangre de los animales criados en el sistema extensivo, que además produjeron carne con mayor equilibrio oxidativo. Esto parece indicar un mayor grado de bienestar en los animales criados en extensivo, lo cual influyó positivamente en la calidad de la carne, que resultó ser más jugosa, aunque mostró una mayor susceptibilidad a la contaminación microbiana.

**PALABRAS CLAVE:** intensivo, extensivo, ecológico, bienestar animal, estrés, calidad de la carne

### INTRODUCCIÓN

La demanda de productos agroalimentarios saludables, seguros y que estén producidos bajo criterios de responsabilidad social y sostenibilidad medioambiental es cada vez mayor en la sociedad. Esto afecta de pleno a la actividad ganadera, que es un pilar fundamental de la alimentación mundial, y cuyo impacto económico y



social es uno de los motores más potentes de generación de oportunidades y empleo en muchos países. En 2022, en la Unión Europea se produjeron 6,64 millones de toneladas de carne bovina, el 11 % de estas fue aportado por España, lo que nos convierte en el cuarto productor comunitario tras Francia (21 %), Alemania (15 %) e Italia (11,3 %). El sector del vacuno de carne en España ocupa el tercer puesto en importancia económica ganadera tras la carne de porcino y el conjunto del sector lácteo (vaca, oveja y cabra), y generó en 2022 un valor económico cercano a los 4103 millones de euros, lo que supone alrededor del 6,5 % del valor anual de la producción final agraria de España y el 16,4 % de su producción final ganadera (MAPA, 2022). La ganadería de carne supone un importante beneficio, no solo a nivel económico sino a nivel medioambiental, contribuyendo al fomento de la biodiversidad y a la conservación de espacios naturales. También supone un beneficio a nivel social, ya que es vital para la conservación de las zonas rurales al gestionar una amplia superficie, contribuir a vertebrar el territorio y fijar población en pequeños núcleos. Esto genera actividad económica y dinamiza social y laboralmente numerosas áreas de España en riesgo de despoblación.

En Asturias, las actividades agrarias generan el 2,1 % del PIB regional (de este, el 80 % proviene de la ganadería) y suponen el 4 % de los empleos del Principado (Estrategia Asturias Circular 2023-2030). Asturias es una región eminentemente ganadera donde el 70 % de las explotaciones se centran en el sector cárnico, en concreto en el bovino, con más de 14 500 explotaciones amparadas por la Indicación Geográfica Protegida (IGP) «Ternera Asturiana». Las IGP constituyen el sistema utilizado en nuestro país para el reconocimiento de una calidad diferenciada, consecuencia de características propias y diferenciales debidas al medio geográfico en el que se producen las materias primas, se elaboran los productos, y a la influencia del factor humano que participa en las mismas. En España existen 11 IGP de carne de vacuno, de las que la IGP «Ternera Asturiana» es la segunda en producción, con un 17,51 % del total de la carne de IGP producida en nuestro país (MAPA, 2022).

El objetivo del consorcio COMENSAL es propiciar la transición hacia la sostenibilidad alimentaria en todos los agentes que conforman el sistema agroalimentario de nuestra región. Uno de los retos del consorcio es la demostración de buenas prácticas del sistema agroalimentario regional con relación a la producción, la industria, la distribución, la restauración y el hogar, y de su capacidad para transitar conjuntamente hacia la sostenibilidad. Para ello, es importante realizar un análisis del grado de bienestar animal y su repercusión sobre la calidad en la producción de alimentos de origen animal. Teniendo esto en cuenta, desde el Área de Sistemas de Producción Animal del Serida, hemos realizado un estudio piloto sobre la producción de carne fresca, con animales pertenecientes a la IGP «Ternera Asturiana» criados en explotaciones comerciales bajo diferentes sistemas productivos de los que se dan en la región: intensivo, extensivo y ecológico. Se han analizado muestras de sangre y de carne para conocer la influencia de estos sistemas productivos en el grado de bienestar animal y en la calidad final de la carne.

## DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS REGIONALES

En Asturias, la alimentación convencional de terneros tras el destete sigue mayoritariamente dos vías: una intensiva, en la que el animal va a ser alimentado a base de concentrado y paja, y en la que su crecimiento va a depender de la calidad nutritiva del pienso y del potencial genético del animal, con escasa utilización del territorio. La otra vía es un manejo en extensivo, en el que los animales se mantienen la mayor parte del tiempo en pastos, constituyendo estos el principal componente de la dieta y generando beneficios de tipo ambiental y social (Román-Trufero, 2018).

En los últimos años, además, se constata en nuestra región una tendencia al avance en la adopción de modelos de producción ecológica. Este incremento está influido por la mayor preocupación de los consumidores por el impacto que tienen los sistemas de producción sobre el bienestar y el medio ambiente, lo que hace que cada vez se demanden más productos ecológicos. Por ganadería ecológica se entiende aquel sistema de producción ganadera en el que no se autoriza el uso de sustancias químicas de síntesis (abonos químicos, herbicidas, etc.) ni de organismos modificados genéticamente, donde se respeta el bienestar de los animales sin forzar sus ciclos naturales, con alojamientos adecuados y acceso a pastos, y donde la sanidad de los mismos se basa en la prevención de enfermedades mediante la selección de razas adaptadas a la zona, buenas prácticas de manejo y alimentación adecuada. En este ámbito, la legislación establece una serie de condiciones para que la producción se pueda certificar como procedente de la ganadería ecológica. Esta producción se regula desde el 1 de enero de 2022 por el Reglamento (UE) 2018/848 sobre producción ecológica y etiquetado de los productos ecológicos.

Teniendo esto en cuenta, en el proyecto COMENSAL se compararon 18 terneros añejos de la raza «Asturiana de los Valles» (AV) (amparada por la IGP «Térnera Asturiana» y caracterizada por tener una alta tasa de crecimiento y un bajo contenido en grasa), que fueron mantenidos con sus madres desde el nacimiento hasta el destete (un mínimo de cinco meses) y una vez destetados fueron sometidos a tres sistemas productivos diferentes en explotaciones comerciales:

- 1) Intensivo: (n = 6). Los animales se mantuvieron en corrales de 12 × 10 m (22 animales por parque) y consumieron una media de 7,2 kg/animal/día de concentrado (70 % de harina de cereales, maíz y cebada), 20 % de derivados del maíz (granos y solubles del maíz), 4 % de harina de soja (44 % de proteína), 3 % de grasa, 3 % de minerales, vitaminas y oligoelementos, y paja de cereales *ad libitum*.
- 2) Extensivo (solo pastoreo): (n = 6). Los animales se mantuvieron en pastoreo en parcelas de un mínimo de 1,5 ha y se alimentaron exclusivamente a base de pasto de raigrás y trébol de 8-9 cm de altura, a excepción de la invernada (mediados de diciembre a febrero) en la que los animales se estabularon con sus madres y durante ese periodo se alimentaron a base de leche materna y

una cantidad restringida (1,5 kg/animal/día) de concentrado (84 % de harina de cereales, maíz y cebada), 10 % de harina de soja, 3 % de grasa, 3 % de minerales, vitaminas y oligoelementos.

- 3) Ecológico: (n = 6). El manejo de estos animales se realizó conforme al Reglamento (UE) 2018/848, con alojamiento dotado de una zona cubierta con corrales de un mínimo de 5 m<sup>2</sup> por animal y una zona al aire libre de un mínimo de 3,7 m<sup>2</sup> por animal para hacer ejercicio (sin incluir los pastos). Los animales se mantuvieron a base de pasto ecológico según disponibilidad a lo largo del año, teniendo que estar constituida la ración diaria de al menos un 60 % de forrajes. Cuando los pastos no resultaron suficientes, se les suministró concentrado de producción ecológica comercial (Ecofeed) que utiliza cereales, como maíz, trigo y cebada, harinas de soja y girasol, y otras materias como guisantes o habas, todo ello con el certificado de origen de producción ecológica y controlado por la entidad de certificación de la producción ecológica de Asturias (COPAE).

Finalmente, los animales fueron sacrificados en función de las necesidades de las explotaciones comerciales a las que pertenecían entre los 12 y 14 meses de edad. El sacrificio se realizó en mataderos comerciales conforme al Reglamento (CE) n.º 1099/2009 relativo a la protección de los animales en el momento de la matanza.

## ANÁLISIS DEL ESTADO DE BIENESTAR ANIMAL

### Indicadores hematológicos, bioquímicos y hormonales de estrés

El sistema de alimentación y el manejo de los animales tienen una gran influencia sobre diversos indicadores hematológicos y bioquímicos en sangre que permiten conocer el grado de adaptación de los animales al medio que les rodea y, por tanto, su grado de bienestar. El estrés ha sido utilizado como indicador de la pérdida de bienestar animal, y se produce por la acción de estímulos nerviosos y emocionales provocados por el ambiente sobre los sistemas nervioso, endocrino, circulatorio y digestivo de un animal, produciendo cambios medibles en los niveles funcionales de estos sistemas. Existe una gran variedad de parámetros hematológicos/séricos que permiten monitorizar el estrés como la ratio neutrófilos/linfocitos, el porcentaje de leucocitos, la concentración de albúmina plasmática, urea, la actividad de creatinfosfoquinasas y hormonas tales como el cortisol o las catecolaminas (Tarantola y otros, 2020). En este estudio se compararon muestras de sangre de los animales recogidas una semana antes del sacrificio en las explotaciones comerciales (en sus condiciones habituales de manejo), con muestras sanguíneas recogidas en el matadero justo en el momento de la exanguinación. En ambas muestras de sangre de cada animal se analizó el hemograma completo, parámetros bioquímicos en sangre (urea, glucosa,

creatin fosfoquinasa (CPK) y lactato) y, además, se midieron hormonas relacionadas con el estrés como el cortisol y la hormona adrenocorticotropa (ACTH). Con estos análisis se pretendía comprobar si el manejo de los animales con diferentes sistemas productivos influía en el bienestar animal y/o en los niveles de estrés pre y perisacrificio afectando a los distintos marcadores sanguíneos de bienestar animal (Tabla 1).

**Tabla 1. Efecto del sistema productivo, el momento de la toma de muestras y su interacción sobre indicadores hematológicos bioquímicos y hormonales de estrés en sangre**

	SISTEMA PRODUCTIVO (SP)				TIEMPO (T)			SIGNIFICACIÓN		
	INT	EXT	ECO	EEM	G	M	ESM	SP	T	SP x T
Hematías (millón/ $\mu$ l)	10,539	10,638	9,152	0,52	9,275	10,944	0,42	NS	*	NS
Hemoglobina (g/dl)	13,37	11,91	12,87	0,39	11,62	13,81	0,33	NS	***	NS
Hematocrito (%)	39,63	37,15	40,56	2,38	33,76	44,47	1,95	NS	***	NS
Eosinófilos (%)	0,08a	0,16a	0,32b	0,05	0,23	0,15	0,04	*	NS	NS
Neutrófilos (%)	2,31b	1,30a	2,87b	0,33	2,32	2,00	0,27	**	NS	NS
Linfocitos (%)	3,72a	5,61b	5,71b	0,49	4,95	5,08	0,41	**	NS	NS
Ratio N/L (%)	0,66b	0,25a	0,52b	0,09	0,53	0,43	0,07	**	NS	NS
Urea (mg/100 ml)	24,42a	40,25b	23,17a	1,4	25,44	33,11	1,14	***	***	NS
Glucosa (mg/100 ml)	126,81ab	89,49a	133,22b	12,05	88,51	144,50	9,84	*	***	NS
CPK (U/l)	559,17	899,83	929,75	229,6	577,28	1015,22	187,49	NS	NS	NS
Lactato (nmol/l)	7,78a	5,11a	67,04b	8,54	13,82	55,31	6,82	***	**	*
Cortisol ( $\mu$ g/dl)	1,91a	2,09a	4,30b	0,59	2,08	3,45	0,48	*	***	NS
ACTH (pg/ml)	22,37a	55,75ab	68,8b	12,59	16,14	81,81	10,29	*	***	NS

Ratio N/L: Ratio neutrófilos/linfocitos; ACTH: Hormona adrenocorticotropa; CPK: Creatina fosfoquinasa; INT: Intensivo; EXT: Extensivo; ECO: Ecológico; G: Granja; M: Matadero; SP: Sistema productivo; T: Momento de toma de muestra; EEM: Error estándar de la media. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del hemograma de la sangre obtenida en granja permitieron descartar enfermedades subyacentes o deficiencias nutricionales severas, ya que se mantenían en el rango considerado normal para vacuno de esta edad, si bien algunas de las variables del hemograma mostraron incrementos considerables en la sangre recogida en el momento del sacrificio (en matadero) como es el caso de los hematías ( $P < 0,05$ ), la hemoglobina y el hematocrito ( $P < 0,001$ ). El sistema productivo afectó al recuento de leucocitos, en concreto a eosinófilos, neutrófilos y linfocitos ( $P < 0,05$ ). Se sabe que el recuento de linfocitos puede verse afectado por el estrés, el ejercicio, la alimentación, la edad, la raza y el manejo del animal (Romero-Peñuela y

otros, 2011). Una mayor ratio neutrófilos/linfocitos se ha asociado a situaciones de estrés que favorecen la neutrofilia y la linfopenia (Blanco y otros, 2009). En este caso, la ratio neutrófilos/linfocitos mostró valores significativamente menores ( $P < 0,001$ ) en los animales de extensivo en comparación con los de intensivo y ecológico.

Por otro lado, algunas de las variables bioquímicas y hormonales analizadas como urea, glucosa, lactato, cortisol y ACTH mostraron diferencias significativas entre los sistemas productivos, así como entre las muestras tomadas en granja y matadero. Como cabía esperar, estas variables mostraron incrementos significativos ( $P < 0,01$ ) de sus concentraciones en la sangre obtenida en matadero como consecuencia del estrés *pre- y perimortem*, alcanzando en muchos casos niveles extremadamente altos, muy superiores a los considerados normales para estos indicadores en bovino, como en el caso de la glucosa ( $> 110$  mg/100 ml), el lactato ( $> 10$  nmol/l) o ACTH ( $> 50$  pg/ml). Los niveles de glucosa y urea en sangre se pueden usar para monitorizar el estado nutritivo de los rumiantes (Grunwaldt y otros, 2005). En este caso, los animales criados en extensivo mostraron niveles de urea en sangre significativamente mayores ( $P < 0,001$ ) que los de intensivo y ecológico. Se sabe que los niveles de urea en sangre pueden verse incrementados a consecuencia de la privación de alimento y por estrés, ya que ambas situaciones aumentan el catabolismo proteico que genera grupos amino que se transforman en urea. En cambio, en este estudio, los terneros criados en extensivo fueron los que mostraron los niveles más bajos ( $P < 0,05$ ) de glucosa en sangre. Ambas circunstancias pueden deberse a que los animales de extensivo se alimentaron a base de pasto, alimento poco energético, sin ser suplementados con piensos durante la fase de engorde, lo que pudo traducirse en una disminución de sus reservas energéticas en comparación con los otros sistemas productivos. Las concentraciones plasmáticas de cortisol, en combinación con las mediciones de glucosa y de CPK, han sido usadas como un indicador fiable de estrés físico agudo y estrés emocional (Kannan y otros, 2003). El cortisol, glucocorticoide natural producido por las glándulas adrenales, es liberado al torrente sanguíneo en respuesta a condiciones adversas o estresantes para los animales como el aislamiento o la restricción de movimiento. El cortisol aumenta la disponibilidad de energía y contribuye al mantenimiento de los niveles de glucosa en sangre mediante la estimulación de la proteólisis, lipólisis y la gluconeogénesis en el hígado, aumentando la síntesis de enzimas implicadas en la conversión de aminoácidos, glicerol y lactato en glucosa y la movilización de los aminoácidos desde el músculo (Muchenje y otros, 2009). También disminuye el transporte de glucosa y su utilización por las células, produciendo una elevación de la concentración de glucosa sanguínea hasta un 50 % sobre el nivel normal (Trevisi y otros, 2009). En este estudio los animales de producción ecológica mostraron niveles significativamente más elevados ( $P < 0,05$ ) de cortisol en sangre, lo que sugiere que este tipo de alimentación podría aumentar la disponibilidad de glucosa para su captación por el tejido muscular y, posteriormente, promover su utilización para el metabolismo glucolítico. La ACTH mostró niveles significativamente mayores ( $P < 0,05$ ) en los animales de ecológico que los de

intensivo, y los de pastoreo mostraron valores intermedios. La ACTH es liberada al torrente sanguíneo para estimular la síntesis y secreción de glucocorticoides, especialmente cortisol desde la corteza adrenal. Resultados similares a estos se observaron también para el lactato mostrando los animales de producción ecológica niveles significativamente más elevados ( $P < 0,001$ ) que los de manejo convencional en intensivo o pastoreo. Estos resultados parecen indicar que los animales de producción ecológica tienen una mayor susceptibilidad al estrés, que en este caso podría estar provocado por el manejo; por ejemplo, la inmovilización de los animales en la manga de manejo para realizar la extracción de sangre, incrementando los niveles de estos indicadores de forma considerable.

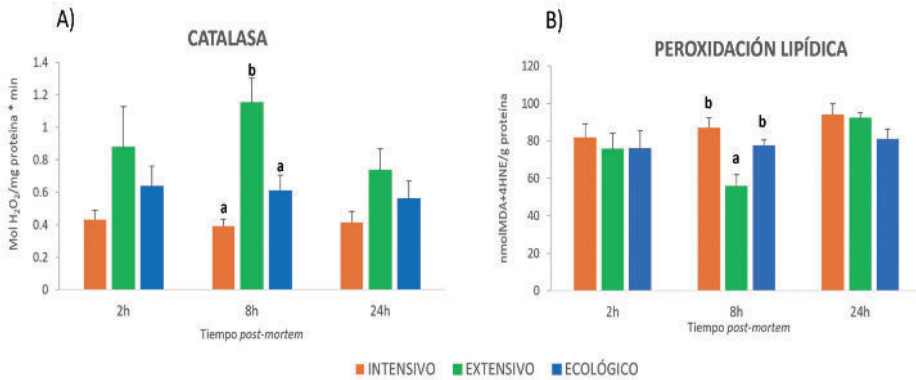
### **Indicadores de estrés oxidativo y muerte celular en el tejido muscular durante el proceso de conversión del músculo en carne**

Tras el sacrificio y exanguinación de los animales, las células musculares se enfrentan a una situación de anoxia, que reduce drásticamente la producción de energía celular al inhibir la cadena mitocondrial de transporte de electrones y aumenta la producción de especies reactivas de oxígeno (ERO), que son radicales libres altamente reactivos que se producen como subproductos durante la fosforilación oxidativa y producen estrés oxidativo. Diferentes condiciones fisiológicas, ambientales y de manejo de los animales pueden generar estrés *pre* o *perimortem* provocando en los tejidos musculares una sobreproducción de ERO que será mayor cuanto mayor sea el nivel de estrés al que se ve sometido el animal (Xing y otros, 2019). Esto altera la homeostasis celular produciendo una situación de estrés oxidativo celular que genera daños a nivel de macromoléculas (proteínas, lípidos y DNA) alterando la calidad final de la carne (Díaz y otros, 2020; González-Blanco y otros, 2021). Para mantener el balance oxidativo las células disponen de mecanismos de defensa antioxidante endógenos que tratarán de secuestrar esos radicales y proteger las estructuras celulares.

En este proyecto hemos querido conocer la influencia que los distintos sistemas de producción animal tienen sobre el balance oxidativo de las células musculares *post mortem*, lo que podría ser indicativo del grado de estrés animal previo al sacrificio y por tanto del efecto del sistema productivo sobre el grado de bienestar animal y en consecuencia sobre la calidad final de la carne. Para ello se han monitorizado durante las primeras 24 horas *post mortem* dos de las principales enzimas antioxidantes en el músculo esquelético, la catalasa y la superóxido dismutasa, y se ha evaluado el daño de lípidos mediante la medida de la peroxidación lipídica (fig. 1).

A las dos horas *post mortem* no se observaron diferencias entre tratamientos en la actividad enzimática celular; sin embargo, a las ocho horas *post mortem* se observó un incremento significativo de la actividad de la catalasa ( $P < 0,001$ ) y una reducción significativa de los valores de peroxidación lipídica en el tejido muscular de los animales

FIGURA 1. Balance oxidativo



A) Actividad antioxidante catalasa (expresada como  $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2/\text{mg proteína} \cdot \text{min}$ ). B) Peroxidación lipídica (expresada como  $\text{nmol MDA}+4\text{HNE}/\text{g}$  de proteína) durante las primeras 24 horas *post mortem* en carne procedente de tres sistemas productivos diferentes: intensivo (naranja), extensivo (verde) y ecológico (azul). Los datos se representan como la media  $\pm$  error estándar de la media. Barras con diferente letra minúscula indican diferencias significativas entre sistemas productivos ( $P < 0,05$ ). Fuente: Elaboración propia.

criados en el sistema extensivo respecto a los del sistema intensivo y el sistema ecológico. Esto parece indicar una mayor defensa antioxidante frente al estrés oxidativo en las células musculares de los animales criados en extensivo, probablemente debido a una mayor ingesta de antioxidantes naturales a través del pasto. Resultados previos en varios estudios mostraban mayores niveles de actividades antioxidantes y menores de lipoperoxidación en carnes de animales procedentes de sistemas extensivos en comparación con los de intensivo (Díaz y otros, 2020; Humada y otros, 2014).

#### CALIDAD DE LA CARNE

En la calidad de la carne de vacuno influyen numerosos aspectos, no solo características propias de los animales (factores intrínsecos) como la raza, la genética, el sexo, la edad, la susceptibilidad individual del animal al estrés, el tipo de músculo o sus características estructurales y bioquímicas, sino también factores de manejo del animal (factores extrínsecos) como la dieta, las condiciones de cría, el transporte, el manejo antes y durante el sacrificio, así como el proceso de maduración al que se somete la carne hasta su consumo. Cualquier alteración que se produzca en los animales a nivel fisiológico, metabólico y celular, producirá cambios en el proceso de conversión de músculo en carne que influirán de forma decisiva sobre la calidad final de la carne. Por ello, en este estudio piloto se analizó el efecto del sistema pro-

ductivo sobre algunos de los parámetros de calidad de la carne más relevantes como el color, la capacidad de retención de agua y la contaminación microbiana (Tabla 2).

**Tabla 2. Efecto del sistema productivo, sobre indicadores de calidad de la carne**

	TIEMPO	INTENSIVO	EXTENSIVO	ECOLÓGICO	EEM	Sign.
pH	24h	5,50	5,45	5,52	0,028	NS
L*	48h	31,60a	37,44b	37,11b	0,945	***
a*	48h	13,24b	7,773a	10,22ab	0,920	**
b*	48h	19,79c	9,78a	12,93b	0,496	***
Pérdidas por goteo (%)	48h	33,907b	28,778a	33,394b	0,484	***
Mesófilos (log ufc/g)	14d	4,917a	6,357b	5,443ab	0,356	*
Enterobacterias (log ufc/g)	14d	2,303a	4,688 b	2,575 a	0,389	***
Bacterias lácticas (log ufc/g)	14d	3,267a	6,139b	4,708a	0,477	**
Levaduras (log ufc/g)	14d	2,350b	4,480c	1,325a	0,261	***

EEM: error estándar de la media; Sign: significación estadística; L\*: luminosidad; a\*: índice de rojo; b\*: índice de amarillo; ufc: unidades formadoras de colonias. Fuente: Elaboración propia.

La carne obtenida en este estudio, independientemente del sistema productivo, mostró un pH a las 24 horas *post mortem* (pH24) normal (con valores entre 5,4 y 5,6), lo que permitió descartar defectos importantes de calidad asociados al estrés, como es el caso de las carnes DFD (oscuras, duras y secas) que se producen cuando el manejo de los animales ocasiona situaciones de estrés animal y se caracterizan por tener un elevado pH24, con valores por encima de 6. El sistema productivo influyó de forma significativa ( $P < 0,01$ ) sobre el color y la capacidad de retención de agua. El color es un atributo fundamental para la comercialización de la carne fresca de vacuno, ya que es interpretado por los consumidores como un indicador de frescura y salubridad influyendo de forma decisiva en la intención de compra. Para determinar el color de una forma objetiva, se utilizan equipos que realizan medidas del espectro visible que se transforman en coordenadas espaciales a través de las cuales se define el color. Las coordenadas más conocidas son las del espacio de color CIE, donde L\* describe la luminosidad, a\* el índice de rojo y b\* el índice de amarillo. Los resultados obtenidos mostraron que la carne de los animales criados en intensivo fue la más oscura (mostró valores de L\* significativamente más bajos,  $P < 0,001$ ) que la de extensivo y ecológico. También fue la carne con valor más elevado de los índices de rojo a\* y amarillo b\*.

La capacidad de retención de agua (CRA) mide la habilidad del músculo para retener el agua libre por capilaridad y fuerzas de tensión. Este parámetro está di-

rectamente relacionado con la jugosidad; así, cuando el alimento tiene una alta CRA, es más jugoso y bien valorado por los consumidores. La CRA en este estudio se estimó calculando la pérdida de agua por goteo centrifugacional, de modo que cuanto mayores sean las pérdidas por goteo, menor es la CRA. Los resultados mostraron diferencias en función del sistema productivo, y fue la carne de los animales de extensivo la que tuvo valores de pérdidas por goteo significativamente menores ( $P < 0,001$ ), es decir, la que mostró mayor CRA. Esto podría deberse al ejercicio físico que realizan los animales con manejo exclusivo en pastoreo, que puede generar cambios a nivel estructural y metabólico en el músculo, lo que facilitaría la retención de agua por las fibras musculares y también podría estar relacionado con la mayor defensa antioxidante que muestran las células musculares de estos animales, lo cual reduce la oxidación lipídica y estabiliza las membranas celulares, reduciendo las pérdidas de agua (Horcada y otros, 2020).

Por último, se monitorizó el estado microbiológico de la carne a lo largo de la maduración (3, 7 y 14 días *post mortem*), para lo cual se analizaron los grupos de microorganismos más comunes (mesófilos aerobios, enterobacterias, bacterias del ácido láctico y levaduras) con el fin de comprobar si el sistema productivo influía de algún modo en el estado higiénico-sanitario del producto y en su vida útil. Como cabría esperar, se observó un incremento significativo ( $P < 0,05$ ) de la carga microbiana con el tiempo de maduración para todos los grupos de microorganismos analizados. El sistema productivo también influyó sobre los parámetros microbiológicos analizados, y su efecto más evidente se produjo a partir de los 7 días *post mortem* con valores significativamente mayores ( $P < 0,05$ ) de carga microbiana en la carne de extensivo respecto a la de los sistemas intensivo y ecológico. Esto podría estar relacionado con su mayor capacidad de retención de agua, lo que facilita un sustrato más favorable para el crecimiento de los microorganismos.

## CONCLUSIONES

La sostenibilidad en la producción alimentaria es una cualidad que permite que los sistemas productivos puedan satisfacer las necesidades actuales de alimentos, sin comprometer las necesidades futuras en ninguno de sus ámbitos: social, económico y ambiental. En ganadería, esta cualidad implica una relación bidireccional entre los animales y su entorno, manejada por el ser humano, y en ese contexto el sistema de cría utilizado puede ser un factor determinante de la sostenibilidad. En este estudio se han analizado los efectos que diferentes manejos de cría del ganado vacuno (intensivo, extensivo y ecológico) tienen sobre indicadores de bienestar animal y sobre la calidad de la carne. Los resultados obtenidos muestran un mayor grado de bienestar en los animales criados exclusivamente en pastoreo (sistema extensivo), lo cual influyó positivamente en la calidad de la carne, que resultó ser más jugosa, aunque mostró una mayor susceptibilidad a la contaminación microbiana y por tanto menor

vida útil que el resto. A pesar de estas diferencias, es importante remarcar que todos los animales analizados en este estudio, independientemente del sistema productivo bajo el que se criaron, mostraron valores hematológicos, bioquímicos y hormonales, así como una calidad final de la carne dentro de los rangos considerados normales en la producción cárnica de nuestra región. Debemos tener en cuenta que estos resultados se han obtenido en un estudio piloto con un número de muestras reducido, por lo que para conocer con más profundidad el grado de sostenibilidad de estos sistemas, sería necesario ampliar considerablemente la población de estudio e incluir otras variables como el coste de producción y el rendimiento productivo de la canal, que han quedado fuera del alcance de este estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

- BLANCO, M., I. CASASÚS y J. PALACIO (2009): «Effect of age at weaning on the physiological stress response and temperament of two beef cattle breeds», *Animal*, 3(1), pp. 108-117. Disponible en: <<https://doi.org/10.1017/S1751731108002978>>.
- DÍAZ, F., A. DÍAZ-LUIS, V. SIERRA, Y. DINEIRO, P. GONZÁLEZ, S. GARCÍA-TORRES, D. TEJERINA, M. P. ROMERO-FERNÁNDEZ, M. CABEZA DE VACA, A. M. COTO-MONTES y M. OLIVÁN (2020): «What functional proteomic and biochemical analysis tell us about animal stress in beef?», *Journal of Proteomics*, núm. 218, Article 103722. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/j.jprot.2020.103722>>.
- ESTRATEGIA DE ECONOMÍA CIRCULAR DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS (2023-2030). Disponible en: <<https://asturiascircular.es/>>.
- GONZÁLEZ-BLANCO, L., Y. DINEIRO, A. DÍAZ-LUIS, A. COTO-MONTES, M. OLIVAN y V. SIERRA (2021): «Impact of extraction method on the detection of quality biomarkers in Normal vs. DFD Meat», *Foods*, 10(5), 1097. Disponible en: <<https://doi.org/10.3390/foods10051097>>.
- GRÜN WALDT E. G., J. C. GUEVARA, O. R. ESTÉVEZ, A. VICENTE, H. ROUSSELLE, N. ALCUTEN, D. AGUERREGARAY y D. R. STASI (2005): «Biochemical and haematological measurements in beef cattle in Mendoza plain rangelands (Argentina)», *Tropical Animal Health and Production*, 37(6), pp. 527-540. Disponible en: <<https://doi.org/10.1007/s11250-005-2474-5>>.
- HORCADA, A., O. POLVILLO, P. GONZÁLEZ-REDONDO, A. LÓPEZ, D. TEJERINA y S. GARCÍA-TORRES (2020): «Stability of fatty acid composition of intramuscular fat from pasture- and grain-fed young bulls during the first 7 d postmortem», *Archives Animal Breeding*, núm. 63, 45. Disponible en: <<https://doi.org/10.5194/aab-63-45-2020>>.
- HUMADA, M. J., C. SAÑUDO y E. SERRANO (2014): «Chemical composition, vitamin E content, lipid oxidation, colour and cooking losses in meat from Tudanca bulls finished on semi-extensive or intensive systems and slaughtered at 12 or 14 months», *Meat Science*, 96(2), pp. 908-915. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.10.004>>.

- KANNAN G., B. KOUAKOU, T. H. TERRIL y S. GELAYE (2003): «Endocrine, blood metabolite, and meat quality changes in goats as influenced by short-term, preslaughter stress», *Journal of Animal Science*, núm. 81, pp. 1499-1507. Disponible en: <<https://doi.org/10.2527/2003.8161499x>>.
- MAPA-MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (2022): «Caracterización del sector vacuno de carne: Datos 2022». Disponible en: <<https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/sectores-ganaderos/vacuno-de-carne>>.
- MUCHENJE, V., K. DZAMA, M. CHIMONYO, P. E. STRYDOM y J. G. RAATS (2009): «Relationship between pre-slaughter stress responsiveness and beef quality in three cattle breeds», *Meat Science*, núm. 81, pp. 653-657. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.11.004>>.
- ROMÁN-TRUFERO, A. (2018): «Sistemas alternativos de producción de carne de vacuno en extensivo con razas autóctonas asturianas», tesis doctoral, Universidad de León. Disponible en: <<https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/9115/TesisdeAliciaRomán.pdf>>.
- ROMERO-PEÑUELA, M. H., L. URIBE-VELÁSQUEZ y J. A. SÁNCHEZ-VALENCIA (2011): «Biomarcadores de estrés como indicadores de bienestar animal en ganado de carne», *Biosalud*, 10(1), pp. 71-87.
- TARANTOLA, M., I. BIASATO, E. BIASIBETTI, D. BIAGINI, P. CAPRA, F. GUARDA, M. LEPORATI, V. MALFATTO, L. CAVALLARIN, B. MINISCALCO, S. MIOLETTI, M. VICENTI, A. GASTALDO y M. T. CAPUCCHIO (2020): «Beef cattle welfare assessment: use of resource and animal-based indicators, blood parameters and hair 20 -dihydrocortisol», *Italian Journal of Animal Science*, núm. 19, pp. 341-350. Disponible en: <<https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1743783>>.
- TREVISI, E. y G. BERTONI (2009): «Some physiological and biochemical methods for acute and chronic stress evaluation in dairy cows», *Italian Journal of Animal Science*, 8(1), pp. 265-286. Disponible en: <<https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s1.265>>.
- XING, T., F. GAO, R. K. TUME, G. ZHOU y X. XU (2019): «Stress effects on meat quality: A mechanistic perspective», *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(2), pp. 380-401. Disponible en: <<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12417>>.



¿Está la sociedad asturiana preparada para la sostenibilidad? El libro *Caminando hacia una alimentación sostenible en Asturias* es resultado de la investigación realizada en el marco del Consorcio COMENSAL. En él se ofrece una mirada profunda y multidisciplinar sobre el desafío de transformar y conducir el sistema alimentario de la región hacia la sostenibilidad alimentaria. Esta obra es el resultado de un esfuerzo colectivo en el que se ha propiciado la colaboración entre los agentes del ámbito productivo, de la industria y la distribución alimentaria, de la restauración, de los gestores de residuos y de los consumidores, así como de la administración y la ciencia. Con un enfoque participativo en el que se promueve la co-creación de soluciones a través del diálogo y la reflexión conjunta, el libro no solo ofrece un diagnóstico de la situación actual, sino también un análisis detallado sobre las barreras y oportunidades en este camino, además de reflexiones críticas sobre cómo fomentar una alimentación sostenible, saludable y justa en Asturias. A pesar de las diferencias de poder y de las tensiones inherentes al sistema alimentario, en esta obra se constata que es posible encontrar puntos de consenso y trabajar colectivamente hacia un objetivo común. COMENSAL nos ha dejado sobre la mesa una «receta» para avanzar conjuntamente hacia la sostenibilidad: el diálogo entre todos los agentes de la cadena. La ciencia tiene ahora la responsabilidad de «cocinar» ese diálogo. Por todo ello, estamos ante una obra de lectura indispensable para investigadores, para formuladores de políticas y para todas las personas interesadas en transformar sus propias prácticas alimentarias.