

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*

## Moléculas en la leche que nos cuentan la vida de la vaca

LOUBNA ABOU EL QASSIM | SENÉN DE LA TORRE-SANTOS | SERGIO FORCADA

ADELA MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ | SILVIA BAIZÁN | ROCÍO ROSA-GARCÍA

MARIO MENÉNDEZ-MIRANDA | FERNANDO VICENTE

*Área de Nutrición Pastos y Forrajes.*

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

LUIS J. ROYO

*Área de Nutrición Pastos y Forrajes.*

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

*Departamento de Biología Funcional. Área de Genética, Universidad de Oviedo*

### RESUMEN

En este capítulo vamos a repasar algunas de las moléculas presentes en la leche cruda de vaca. En concreto hablaremos de los ácidos grasos, los antioxidantes liposolubles, los microARN y la microbiota (es decir, el conjunto de bacterias presentes). Las variaciones en el contenido de estas moléculas en la leche nos da una idea del estado fisiológico de la vaca y las condiciones ambientales en las que se encontraba en el momento de producir esa leche. Vamos a presentar resultados de laboratorio que nos van a permitir identificar el sistema de producción en que estaban criadas las vacas, y que podremos utilizar para certificar leche producida por vacas criadas en pastoreo.

**PALABRAS CLAVE:** leche, ácidos grasos, antioxidantes, microARN, microbioma

### INTRODUCCIÓN

La producción de leche de vaca en España supone apenas el 4 % de la producción europea y es insuficiente para abastecer la demanda nacional, lo que nos convierte en un país importador de lácteos. El 53 % de la producción se concentra en la cornisa cantábrica (Galicia, Asturias y Cantabria), siendo Asturias la cuarta comunidad autónoma productora a nivel nacional con un 8 % del total. En Asturias, el subsec-

tor lácteo es el que genera la mayor cifra de negocio del sector ganadero regional. La partida con más peso en la industria láctea es la producción de leche líquida para el consumo directo, aunque dentro de los productos fabricados son la leche en polvo y evaporada y los quesos los que más aportan a la producción total. Además, en Asturias se concentra una de las mayores manchas queseras de Europa, con más de veinte variedades oficiales, incluidas cuatro con Denominación de Origen Protegida (DOP) y una con Indicación Geográfica Protegida (IGP). A la industria quesera tradicional se suma una importante industria productora de derivados lácteos (mantecilla, leche en polvo, yogur, postres y otros quesos de elaboración industrial).

En la cornisa cantábrica coexisten modelos de producción de leche diferentes, pero con rasgos comunes, destacando el carácter familiar de las explotaciones y la importancia de la base forrajera propia. Las explotaciones más pequeñas constituyen el 60 % de las granjas, gestionan el 37 % de la superficie agraria útil (SAU) y son responsables del 20 % de la producción de leche del norte. El 80 % de su SAU se dedica a la producción de hierba en prados y praderas, mientras el resto está destinado a cultivos anuales. Más del 85 % de las pequeñas explotaciones utilizan la hierba fresca en la alimentación de las vacas en lactación, fundamentalmente a través del pastoreo. En torno al 75 % dependen del ensilado de hierba como principal forraje conservado, mientras el consumo de concentrado no supera el 30 % de la materia seca (MS) de la ración.

Las pequeñas explotaciones lecheras asturianas tienen un elevado potencial para generar una variada gama de servicios ecosistémicos para el conjunto de la sociedad, pero su viabilidad futura está muy comprometida por una combinación de factores entre los que cabe destacar la elevada tasa de abandono y la avanzada edad de los titulares. Según datos del SADEI para el año 2017, en torno al 28 % de los titulares están próximos a la jubilación (tienen más de 65 años) y el 30 % tienen más de 55 años, mientras que apenas el 7 % pueden considerarse jóvenes (entre 25 y 39 años).

Con objeto de afrontar la problemática del abandono de estas tierras y el mantenimiento de sus ecosistemas plurianuales, surge el objetivo general de la línea de trabajo que estamos desarrollando en el Grupo de Investigación de Nutrición y Sanidad Animal (NySA) del Serida: la conservación y valorización de un sistema de producción de leche, basado en el uso de los recursos disponibles en zonas con condiciones edafoclimáticas favorables para el crecimiento de hierba y forraje, como es el caso de la cornisa cantábrica en general y de Asturias en particular.

En los últimos años se está llevando a cabo un enorme esfuerzo en la búsqueda de moléculas que permitan asociar la composición de los productos agroalimentarios con la alimentación del ganado. De este modo, permiten la trazabilidad y autenticación de la leche según su sistema de producción u origen geográfico.

La leche es un alimento complejo que contiene agua (alrededor del 88 %), glóbulos grasos emulsionados (3,3 % a 4,4 %), proteínas suspendidas (2,9 % a 3,9 %), sobre todo las caseínas, así como glúcidos (alrededor del 4,8 % en forma de lactosa) y minerales (0,7 a 1,2 %). La leche contiene también otros compuestos en

concentraciones muy bajas (menos de 100 mg/l), como es el caso de nucleótidos, material genético, hormonas, alcoholes, cetonas, gases, vitaminas (A, B, D, E, K) y antioxidantes.

Para producir un litro de leche, se requieren en torno a 500 litros de sangre circulante a través de la glándula mamaria para proporcionar los precursores de los componentes de la leche. Una vez llegan a la glándula mamaria, algunos precursores penetran a través de los capilares y pasan de la sangre a la leche sin cambios (los minerales, algunas hormonas, las inmunoglobulinas, etc.). Otros, en cambio, entran a través de transportadores específicos. La proporción de estos componentes en la leche depende de factores relacionados con el animal, como la edad, la fase de lactación, la raza, factores genéticos, la salud de la vaca, pero también de factores ambientales como la temperatura, el ordeño o la alimentación.

Los ácidos grasos son los principales componentes de la grasa de la leche. Se sintetizan en la glándula mamaria a partir de otros ácidos (acético y butírico) sintetizados por la flora ruminal, mientras que otra parte son derivados de los ácidos grasos de la dieta o de las reservas corporales del animal.

El contenido en grasa y el perfil de ácidos grasos pueden ser un indicador de la dieta de los animales (Vicente y otros, 2017) y del sistema de manejo (Morales-Almaráz y otros, 2011). Así, por ejemplo, la leche producida por vacas en pastoreo y en extensivo puede contener un mayor porcentaje de ácidos grasos insaturados (conocidos por su efecto positivo sobre la salud humana) derivados del mayor consumo de energía y movilización de reservas corporales comparados con otros sistemas en los que las vacas no disponen de superficie para caminar. Por otra parte, la leche producida por vacas alimentadas con hierba fresca (gramíneas y leguminosas) tiene una ratio alta de ácidos grasos insaturados / ácidos grasos saturados, comparado con vacas alimentadas con ensilado o heno.

Otro elemento importante en la leche son los antioxidantes, que pueden definirse como «cualquier sustancia que, aunque presente en bajas concentraciones, retrasaría significativamente o impediría la oxidación» (Halliwell y otros, 1995). Los antioxidantes desempeñan un papel importante en la protección de las células animales de los daños ocasionados por la presencia de radicales libres (McDonald, 2002) y su uso se considera un tratamiento preventivo contra el envejecimiento celular. Por lo tanto, la suplementación con antioxidantes proporcionaría un valor añadido al producto animal obtenido, ya sea leche o carne (Castillo y otros, 2013). Los forrajes verdes contienen concentraciones elevadas de compuestos antioxidantes como los carotenoides, cuya concentración disminuye con el proceso de conservación del forraje (Nozière y otros, 2006). Así, el contenido de estos compuestos sería mayor en la leche de animales manejados en pastoreo o con una dieta más rica en extractos de plantas. Además, dicha leche podría ser considerada un alimento funcional para la dieta humana por su mayor contenido en dichos antioxidantes.

Recientemente se han identificado unas moléculas, llamadas microARN, que tienen un papel fundamental en procesos fisiológicos y patológicos de los organis-

mos superiores. Están presentes en todos los fluidos de animales y plantas, como la sangre, la leche, etc. Por este motivo, son moléculas muy interesantes como biomarcadores no invasivos, para el diagnóstico, pronóstico e incluso evaluación terapéutica de enfermedades. En el sector agroalimentario pueden desempeñar un papel importante para el control de calidad en productos lácteos, y también para controlar el fraude en el etiquetado de la leche en polvo. Estas moléculas son ARN cortos de 21 a 25 nucleótidos, responsables de la regulación de la expresión de genes. Los perfiles y modalidades de los microARN cambian según su contexto genético (especie, raza, individuo), pero también según las condiciones ambientales. Además, permanecen estables en condiciones adversas, incluidas las altas temperaturas, los ciclos de congelación/descongelación, la digestión de la ARNasa y las condiciones ácidas. Todas estas características, y el hecho de que se puedan muestrear de forma no invasiva o mínimamente invasiva, los convierten en biomarcadores ideales para la leche producida con diferentes sistemas de producción. Actualmente, se está desarrollando una herramienta de trazabilidad que, a partir de los niveles de expresión de uno o varios microARN, podría predecir la presencia o la ausencia de un ingrediente en la dieta de los animales o bien puede ser indicador del ejercicio reflejado por el hecho de caminar durante el pastoreo.

Más allá de las funciones que ejercen en las células que los producen, y su uso como biomarcadores, los microARN también pueden transferirse a otras células, u otras especies, en complejos proteicos o mediante vesículas extracelulares. Son cada vez más numerosos los estudios científicos que reafirman la capacidad bioactiva de la leche, derivada en parte del papel de los microARN contenidos en la leche de vaca en la regulación genética de los humanos que consumen esa leche. Por lo tanto, es muy importante estudiar el contenido de estos microARN en la leche cruda, pero también en los productos lácteos, teniendo en cuenta que la mayor parte de la leche se procesa (pasteurización, fermentación, esterilización) antes del consumo. Por lo tanto, el estudio de los microARN nos abre una puerta para la investigación del carácter funcional de la leche y su efecto sobre la salud del consumidor, ya que sabemos que microARN presentes en la leche cuando es administrada vía oral, atraviesan la barrera intestinal y llegan a los tejidos del consumidor, donde pueden ejercer su función.

La leche es un fluido biológico complejo producido por las hembras de los mamíferos y adaptado para satisfacer las necesidades nutricionales del recién nacido. Clásicamente se ha considerado un producto estéril hasta el momento de su secreción. Actualmente se sabe que la leche materna contiene nutrientes que ayudan a crear el microambiente adecuado para el desarrollo y la maduración intestinal, y prepara al sistema inmune confiriendo cierto grado de protección contra patógenos. Varios estudios han revelado que el calostro y la leche materna son fuentes continuas de bacterias comensales, mutualistas y potencialmente probióticas para el lactante. El hecho de que los mismos géneros de bacterias puedan aislarse de la leche materna de hembras diferentes sugiere que su presencia en este sustrato es un

evento común, aunque también existen diferencias importantes de unos animales a otros. La microbiota (conjunto de microorganismos, incluidas bacterias, hongos, arqueas, virus o parásitos) de la leche está formada por una comunidad dinámica en la que existe un equilibrio complejo entre mutualistas, comensales y patógenos, cuya alteración puede influir en el desarrollo de enfermedades o incluso en la calidad de los productos agroalimentarios de origen animal.

## RESULTADOS DE LAS DIFERENTES MOLÉCULAS DE LA LECHE

Como hemos dicho anteriormente, nuestro objetivo es la conservación y valorización de un sistema de producción de leche sostenible, basado en el uso de recursos propios. Sin embargo, este producto no tiene una norma de calidad que lo defina o que marque los aspectos diferenciales, por eso el primer paso debe ser la caracterización de la leche producida con base en pastos y forrajes. Este aspecto es complejo, e incluye la definición de este producto diferenciado y el establecimiento de sus normas de producción. Entre los factores a tener en consideración para definir el producto concreto se incluyen: el manejo de la explotación ganadera, sus recursos y la alimentación, haciendo hincapié, por ejemplo, en el uso de pastoreo o el porcentaje de forraje en la ración, hasta la posible temporalidad del producto, la genética de los animales, su bienestar y el manejo de los subproductos.

Sin embargo, el único sistema de producción de leche que cuenta con una definición clara, y está sujeto a control de calidad es la producción ecológica. En general, entendemos como leche ecológica aquella producida respetando los criterios de bienestar animal y de sostenibilidad medioambiental. Algunos de los aspectos más importantes de este tipo de producción, y que coinciden con nuestro sistema objetivo (leche en base a pastos), son los siguientes:

- Todos los alimentos que consumen las vacas han de ser de origen ecológico y al menos un 50 % proceder de la propia explotación.
- Al menos un 60 % de la materia seca de la ración diaria que consuman las vacas debe estar constituida por forrajes (material vegetal, principalmente hojas y tallos de plantas), ya sea en fresco, desecados o ensilados.
- Ha de hacerse una utilización máxima de los pastos. La estabulación está limitada a periodos en los que por climatología no se pueda pastar.

Para ello, se van a estudiar las diferentes moléculas presentes en la leche cruda de las que hablamos anteriormente, sus variaciones según el sistema de producción y su utilidad como marcadores de autenticación de este tipo de leche.

## 1. ÁCIDOS GRASOS Y ANTIOXIDANTES

En este primer trabajo se muestrearon 22 granjas lecheras de Asturias en dos épocas en las cuales los animales pueden salir al pasto: otoño y primavera. Gracias a las condiciones edafoclimáticas de Asturias, un 55 % de las granjas muestreadas incluyen forraje verde como parte de la ración, bien en pastoreo (46 % de las ganaderías), segándolo diariamente y aportándolo en el pesebre (36 %) o con ambos manejos simultáneamente (18 %). Además, se utilizan forrajes conservados, principalmente ensilados de hierba, raigrás o maíz y en menor medida secos (heno de hierba, veza-avena, paja o alfalfa). Todas las granjas incluyen piensos compuestos o concentrados en la ración. Las ganaderías se agruparon según el tipo de dieta, estableciéndose tres grupos diferenciados: 1) ganaderías que aportan más del 40 % de la dieta en concentrados, 2) ganaderías que aportan más del 40 % de forrajes conservados, y 3) ganaderías que ofertan en pesebre o en pastoreo más del 40 % de forraje verde del total de la ración. Lo primero que hay que destacar es que no se observaron diferencias significativas en la producción de leche según el tipo de alimentación. Tampoco se encontraron diferencias en los componentes mayoritarios de la leche, con la excepción del nivel de la materia grasa, donde se encontró menor concentración de grasa en la leche producida por animales alimentados con una alta proporción de forrajes verdes. En la Tabla 1 se presentan los resultados del contenido de los ácidos grasos y antioxidantes liposolubles más importantes según el tipo de alimentación. Los resultados obtenidos indican que la grasa de la leche de las vacas que se alimentan con forraje verde es más cardiosaludable: primero, presenta un menor grado de saturación (63,8 g/100 g AG), frente a la leche de vacas que consumen concentrados o forrajes conservados (69,8 g/100 g AG), debido especialmente a los bajos niveles de ácido mirístico (C14:0) y palmítico (C16:0). Segundo, presenta una mayor proporción de ácidos monoinsaturados (30,6 g/100 g AG), principalmente ácido oleico (c9-C18:1), y poliinsaturados (4,6 g/100 g AG), especialmente debido a la mayor concentración de CLA (c9-t11-CLA) y ácido linolénico (C18:3(n3)). Hay que destacar también la elevada proporción de ácido vaccénico (t11-C18:1) en la leche procedente de vacas alimentadas con forraje verde (De la Torre-Santos y otros, 2018).

Además, en general, la leche procedente de vacas alimentadas con forrajes presenta niveles de carotenoides superiores, especialmente luteína y  $\beta$ -carotenos. En cambio, no se observaron diferencias significativas en el contenido de vitaminas en la leche debidas al tipo de alimentación, ni A (retinol) ni E (alfa-tocoferol). Curiosamente, la leche producida con una ración que incluye más del 40 % de concentrados presentó una concentración significativamente superior en gamma-tocoferol, aunque este hecho podría venir derivado de la suplementación de los piensos compuestos con esta molécula (De la Torre-Santos y otros, 2018).

*Tabla 1. Perfil de ácidos grasos (g/100 g ácidos grasos) y contenido de antioxidantes (ng/ml) en la leche de vaca según el tipo de alimentación*

Molécula	TIPOS DE DIETA			Diferencias
	Concentrado	Forraje conservado	Forraje verde	
<b>Ácido graso</b>				
C8:0	1,34 <sup>a</sup>	1,25 <sup>ab</sup>	1,16 <sup>b</sup>	**
C10:0	3,06 <sup>a</sup>	2,76 <sup>b</sup>	2,42 <sup>c</sup>	***
c9-C10:1	0,07 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,06 <sup>b</sup>	**
C11:0	0,04 <sup>a</sup>	0,03 <sup>ab</sup>	0,02 <sup>b</sup>	**
C12:0	3,58 <sup>a</sup>	3,20 <sup>a</sup>	2,80 <sup>b</sup>	***
C13:0	0,08 <sup>a</sup>	0,07 <sup>ab</sup>	0,05 <sup>b</sup>	**
C14:0	12,27 <sup>a</sup>	11,78 <sup>a</sup>	10,72 <sup>b</sup>	***
C16:0	31,03 <sup>a</sup>	31,04 <sup>a</sup>	24,91 <sup>b</sup>	***
C18:0	8,58 <sup>b</sup>	8,94 <sup>b</sup>	10,96 <sup>a</sup>	***
t6+t9-C18:1	0,51 <sup>b</sup>	0,47 <sup>b</sup>	0,68 <sup>a</sup>	**
t11-C:18:1	1,01 <sup>b</sup>	1,40 <sup>b</sup>	2,46 <sup>a</sup>	***
c9-C18:1(n9)	18,65 <sup>b</sup>	19,65 <sup>b</sup>	22,94 <sup>a</sup>	***
c12-18:1	0,17 <sup>a</sup>	0,12 <sup>b</sup>	0,10 <sup>b</sup>	**
c9-t11-CLA	0,47 <sup>b</sup>	0,65 <sup>b</sup>	1,06 <sup>a</sup>	***
C18:3(n3)	0,48 <sup>b</sup>	0,54 <sup>b</sup>	0,80 <sup>a</sup>	***
C20:3(n3)	0,18 <sup>a</sup>	0,15 <sup>b</sup>	0,12 <sup>c</sup>	***
<b>Vitaminas</b>				
Retinol	911	966	840	NS
a-tocoferol	1172	1478	1574	NS
g-tocoferol	43,1 <sup>a</sup>	34,4 <sup>ab</sup>	28,6 <sup>b</sup>	*
<b>Carotenoides</b>				
Luteína	10,14 <sup>b</sup>	18,07 <sup>a</sup>	19,86 <sup>a</sup>	**
Zeaxantina	0,71 <sup>b</sup>	0,92 <sup>ab</sup>	1,11 <sup>a</sup>	*
b-criptoxantina	1,38 <sup>b</sup>	2,13 <sup>a</sup>	1,82 <sup>ab</sup>	**
trans-b-caroteno	136,53 <sup>b</sup>	225,66 <sup>a</sup>	214,03 <sup>a</sup>	**
9cis-b-caroteno	0,76 <sup>b</sup>	1,64 <sup>a</sup>	1,22 <sup>ab</sup>	*
13cis-b-caroteno	4,06 <sup>b</sup>	8,25 <sup>a</sup>	8,28 <sup>a</sup>	**

AC: > 40 % Concentrado; AFC: > 40 % Forraje conservado; AFV: > 40 % Forraje verde. Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas. Fuente: Elaboración propia.

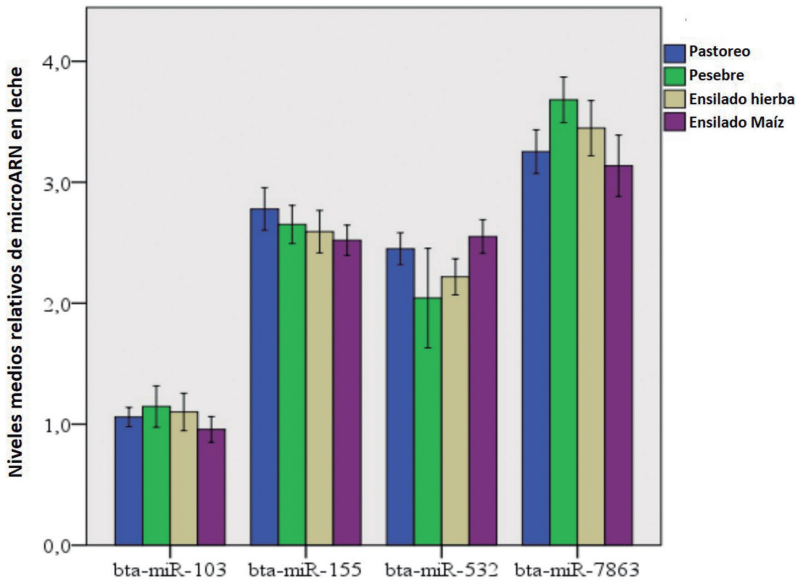
## 2. MICROARN

Para estudiar los microARN, en primer lugar, se secuenciaron los perfiles totales de microARN en leche cruda de tanque de seis explotaciones lecheras con dos sistemas de producción extremos (tres de cada uno): a) extensivo: vacas con pastoreo (más de 10 horas) y muy poca cantidad de concentrados en la ración diaria; y b) intensivo: con vacas permanente estabuladas y alimentadas con mucha cantidad de concentrados en la ración diaria. Se confirmó que los perfiles de microARN cambian según el sistema de producción, y se identificó un microARN, el bta-miR-215, significativamente más abundante en la grasa de la leche intensiva en comparación con su equivalente en extensivo (Abou el qassim y otros, 2022a).

Sin embargo, en la cornisa cantábrica coexisten sistemas diferentes de producción de leche, como una línea continua desde lo más extensivo, representado por el pastoreo, hasta lo más intensivo, representado por granjas con estabulación permanente y gran contenido de silo de maíz y concentrados en la dieta. Para testar la potencial utilidad de los microARN para diferenciar entre los distintos sistemas de producción de leche presentes en la cornisa cantábrica, analizamos varios microARN —unos identificados por nosotros y otros seleccionados a partir de la bibliografía existente— y contabilizamos un total de 12 marcadores. Se analizaron sus variaciones en más de 100 ganaderías que, según su manejo y alimentación, se agruparon en cuatro categorías: pastoreo (44), hierba cortada y suministrada en pesebre (13), alimentadas con ensilado de hierba (10) y alimentadas con ensilado de maíz (45). En la fig. 1 se muestran los niveles relativos medios de los microARN bta-miR-103, bta-miR-155, bta-miR-532 y bta-miR-7863 en leche cruda procedente de los cuatro sistemas de producción definidos anteriormente. Como se puede ver, se identificaron dos microARN en la grasa de la leche, bta-miR-155 y bta-miR-103, asociados al pastoreo y al consumo de hierba fresca respectivamente (fig. 1).

Los niveles de bta-miR-155 fueron mayores en granjas de pastoreo que en las granjas alimentadas con ensilado de maíz, que son las más intensivas. Los niveles de bta-miR-103 fueron más altos en las explotaciones que incluían hierba fresca en la dieta, ya fuera en pastoreo o segada y ofrecida en el pesebre (Abou el qassim y otros, 2022b). Trabajos anteriores (Muroya y otros, 2015) demostraron que la expresión de bta-miR-103 en sangre y en la grasa subcutánea (Muroya y otros, 2020) era similar entre las vacas que se alimentaban en pastoreo y las que lo hacían en un establo de estabulación libre con hierba fresca cosechada cada mañana. Así pues, de manera similar a lo que encontramos en leche, podemos decir que la presencia de hierba fresca en la dieta sí afecta a la expresión de bta-miR-103, pero no el modo de suministro de la misma. Estos resultados, como ya se ha dicho, se obtuvieron a partir de leche de granjas comerciales. En ensayos llevados a cabo en condiciones controladas de manejo y alimentación del rebaño experimental lechero del Serida, los marcadores bta-miR-155 y bta-miR-103 también presentaron niveles más altos

FIGURA 1. Niveles de expresión de microARN en leche cruda según el tipo de granja comercial



Fuente: Elaboración propia.

en leche de vacas alimentadas en pastoreo que las mismas vacas cuando se mantenían estabuladas (De la Torre-Santos, 2021).

Teniendo en cuenta que el único sistema de producción que dispone de una regulación clara es la producción ecológica, se estudió si los microARN en leche eran capaces de diferenciarla. Se estudiaron 20 ganaderías comerciales en Asturias, 10 ecológicas y 10 de pastoreo convencional, y se encontró que el bta-miR-215 tiene niveles significativamente más bajos en las ganaderías ecológicas (Abou el Qassim, 2023).

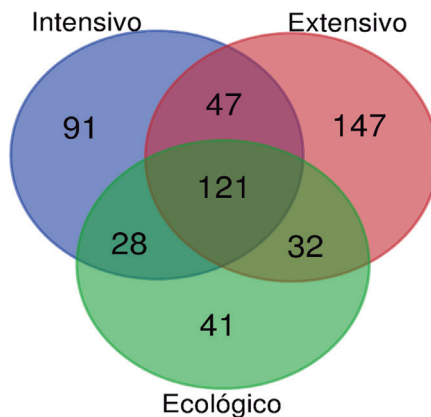
Aunque excede los objetivos de este capítulo, pero haciendo referencia al título que lleva, comentaremos un pequeño, pero prometedor, trabajo en el que evaluamos la asociación entre los perfiles de expresión de microARN en la grasa de la leche y el grado de contaminación ambiental en el entorno de las explotaciones lecheras. ¿Por qué hemos estudiado esta asociación? Ya hemos comentado que estamos enfocados a un sistema producción de vacuno de leche caracterizado por la producción propia de forrajes como modelo de alimentación sostenible. Sin embargo, este tipo de alimentación hace a las explotaciones dependientes de las condiciones del entorno que las rodea. En este sentido, el noroeste de España en general y Asturias en particular tienen una larga tradición minera e industrial. En algunas zonas, principalmente la zona central interior y costera de Asturias, donde se concentran muchas de las ganaderías de vacuno de leche, esta huella antropogénica se hace patente. Se muestrearon diez granjas situadas a menos de 5 km de distancia de un foco industrial y seis localizadas a 10 km o más de focos de contaminación

antropogénicos. La abundancia de la mayoría de los microARN analizados no se vio significativamente alterada por el efecto de la proximidad de las explotaciones lecheras a zonas industriales. Sin embargo, se ha encontrado un marcador (bta-miR-7-5p) cuya abundancia es significativamente menor en leche de granjas que se encuentran cerca de focos de contaminación. A día de hoy no podemos decir qué significado biológico puede tener, pero sí puede ayudar a conocer el ambiente donde las vacas productoras de la leche se encontraban. No podemos dejar de decir que la leche producida en estas granjas es completamente segura, ya que se analizaron los elementos potencialmente tóxicos, y todos ellos se encontraban por debajo de los límites permitidos para el consumo que establece la Unión Europea, es decir, la leche no acumula ningún tipo de sustancia potencialmente tóxica (Forcada, 2023).

### 3. MICROBIOTA

Las técnicas más modernas de secuenciación masiva nos han permitido analizar el microbioma de 14 muestras de leche de tanque de granjas comerciales pertenecientes a tres sistemas de producción diferentes: cinco intensivas, cuatro extensivas y cinco certificadas ecológicas. Se encontraron más de 500 tipos de bacterias diferentes si tenemos en cuenta todas las muestras analizadas de los tres sistemas de producción, como se refleja en la fig. 2. De todas estas, 121 se encontraban en todas las muestras, independientemente del sistema en que fuera producido. Pero también hay bacterias que son exclusivas de cada sistema, es decir, solo se encuentran en uno de ellos y no en los otros dos. De esta manera, hallamos 147 bacterias que solo aparecen en leche de sistemas extensivos, 91 que solo aparecen en leche de sistemas intensivos y solo 41 que son propias de leche ecológica.

**FIGURA 2. Bacterias presentes en la leche según el sistema de producción**



## CONCLUSIONES

Normalmente los productos agroalimentarios se certifican en el origen. Se certifica la granja, donde una serie de técnicos controladores de las agencias de acreditación comprueban en visitas periódicas que la producción se lleva a cabo como marcan los requisitos de la marca de calidad. En nuestro caso, buscamos autenticar el producto, es decir, estudiar, dado un vaso de leche, una serie de moléculas que nos puedan informar sobre la alimentación, el estado sanitario y el ambiente en que se encontraban los animales que han producido esa leche; es decir, que las moléculas presentes nos cuenten la vida de la vaca.

Nuestro mayor interés es autenticar un sistema de producción sostenible, a base de pastos y forrajes propios. Si en nuestro vaso de leche tenemos una cantidad baja de grasa, con un perfil de ácidos grasos donde se incrementa la relación C18:1 *trans*-11/C18:1 *trans*-10 y la proporción de luteína, con mayor proporción de los marcadores bta-miR-155 y bta-miR-103 y bajos niveles de bta-mir-215, podemos afirmar que es muy probable que la leche de ese vaso provenga de vacas alimentadas en pastoreo, aunque más difícil será saber si es de producción ecológica o de pastoreo convencional. Si, además, es leche para consumo en fresco, podemos estar casi convencidos de que es leche producida en la cornisa cantábrica y, por lo tanto, que consumiendo esa leche estamos participando en el mantenimiento de esta actividad ganadera, ayudando a evitar la despoblación en el medio rural y contribuyendo al mantenimiento del paisaje rural tal y como hoy lo conocemos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABOU EL QASSIM, Loubna (2023): «Variaciones de los perfiles de microARN en la leche de vaca y derivados lácteos según el sistema de producción», tesis doctoral, Universidad de Oviedo, Servicio de Medios Audiovisuales. Disponible en: <<http://hdl.handle.net/10651/68831>>.
- ABOU EL QASSIM L., J. ALONSO, K. ZHAO, S. LE GUILLOU, J. DÍEZ, F. VICENTE, M. FERNÁNDEZ-SANJURJO, E. IGLESIAS-GUTIÉRREZ, L. GUAN y L. J. ROYO (2022): «Differences in the microRNAs Levels of Raw Milk from Dairy Cattle Raised under Extensive or Intensive Production Systems», *Veterinary Sciences*, 9(12): 661. Disponible en: <<https://doi.org/10.3390/vetsci9120661>>.
- ABOU EL QASSIM, L., S. LE GUILLOU y L. J. ROYO (2022): «Variation of miRNA Content in Cow Raw Milk Depending on the Dairy Production System», *International Journal of Molecular Sciences*, 23(19): 11681. Disponible en: <<https://doi.org/10.3390/ijms231911681>>.
- CASTILLO, C., V. PEREIRA, Á. ABUELO y J. HERNÁNDEZ (2013): «Effect of supplementation with antioxidants on the quality of bovine milk and meat production», *The Scientific World Journal*.

- DE LA TORRE-SANTOS, Senén (2021): «Identificación de biomarcadores específicos para autenticar el origen y el sistema de alimentación del vacuno lechero», tesis doctoral, Universidad de Zaragoza, Servicio de Publicaciones. Disponible en: <<https://zaguan.unizar.es/record/106235>>.
- DE LA TORRE-SANTOS, S., L. ABOU EL QASSIM, L. J. ROYO y F. VICENTE (2018): «Antioxidantes y ácidos grasos en la leche de vaca según el tipo de alimentación», *Tecnología Agroalimentaria*, núm. 20, pp. 2-9.
- FORCADA MAZO, Sergio (2023): «Estrategias de control y monitorización del impacto ambiental en explotaciones de vacuno de leche», tesis doctoral, Universidad de Oviedo. Servicio de Medios Audiovisuales. Disponible en: <<http://hdl.handle.net/10651/68829>>.
- HALLIWELL, B., M. A. MURCIA, S. CHIRICO, O. I. ARUOMA (1995): «Free radicals and antioxidants in food and in vivo: what they do and how they work», *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, núm. 35, pp. 7-20.
- MCDONALD, P. (2002): *Animal nutrition*, 7.<sup>a</sup> edición, Londres: Pearson Education, p. 692.
- MORALES-ALMARÁZ, E., B. DE LA ROZA-DELGADO, A. GONZÁLEZ, A. SOLDADO, M. L. RODRÍGUEZ, M. PELÁEZ y F. VICENTE (2011): «Effect of grazing or indoor systems to increase unsaturated fatty acid level in milk of dairy cows», *Renewable Agriculture and Food Systems*, núm. 26, pp. 224-229.
- NOZIÈRE P., F. CALDERÓN, B. MARTIN, S. PRACHE, P. PRADEL, Y. PAPON, M. JESTIN y D. ANDUEZA (2006): «Comparison of two spectral methods for tracing diets of dairy cows via milk», *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*, núm. 13, p. 192.
- VICENTE, F., S. SANTIAGO, J. D. JIMÉNEZ-CALDERÓN y A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ (2017): «Capacity of milk composition to identify the feeding system on dairy cows», *Journal of Dairy Research*, núm. 84, pp. 254-263.



¿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.