



FACULTAD DE VETERINARIA  
UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

# **UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**

**PROGRAMA DE DOCTORADO BIOCENCIAS Y CIENCIAS  
AGROALIMENTARIAS**

## **EVALUACIÓN DEL BIENESTAR EN VACAS LECHERAS Y SU INFLUENCIA SOBRE LOS ÍNDICES PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS**

## **WELFARE ASSESSMENT IN DAIRY COWS AND ITS INFLUENCE ON PRODUCTIVE AND REPRODUCTIVE INDEXES**

**Autora: Laura Molina Moreno**

**Directores: Carlos C. Pérez Marín y Estrella I. Agüera Buendía**

**Fecha de la solicitud de presentación en sede electrónica de la UCO: 11 de diciembre de 2020**

TITULO: *Evaluación del bienestar en vacas lecheras y su influencia sobre los índices productivos y reproductivos*

AUTOR: *Laura Molina Moreno*

---

© Edita: UCOPress. 2021  
Campus de Rabanales  
Ctra. Nacional IV, Km. 396 A  
14071 Córdoba

<https://www.uco.es/ucopress/index.php/es/>  
[ucopress@uco.es](mailto:ucopress@uco.es)

---



# Tesis Doctoral

## **EVALUACIÓN DEL BIENESTAR EN VACAS LECHERAS Y SU INFLUENCIA SOBRE LOS ÍNDICES PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS**

**Memoria de Tesis Doctoral presentada por la Licenciada en Veterinaria  
D<sup>a</sup>. Laura Molina Moreno para optar al Grado de Doctor por la  
Universidad de Córdoba**

**V<sup>o</sup>B<sup>o</sup> Los Directores**

Prof. Dr. Carlos C. Pérez Marín

Prof. Dra. Estrella I. Agüera Buendía

Laura Molina Moreno  
Córdoba, a 11 de diciembre de 2020





**TÍTULO DE LA TESIS: EVALUACIÓN DEL BIENESTAR EN VACAS LECHERAS Y SU INFLUENCIA SOBRE LOS ÍNDICES PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS**

**DOCTORANDO/A: LAURA MOLINA MORENO**

**INFORME RAZONADO DE LOS DIRECTORES DE LA TESIS**

La presente Tesis doctoral se ha realizado dentro del Programa de Doctorado “Biociencias y Ciencias Agroalimentarias” de la Universidad de Córdoba y cumple con los requisitos de la legislación vigente en cuanto a originalidad y relación con el programa de doctorado. La metodología empleada es la adecuada y los resultados obtenidos son relevantes desde el punto de vista científico.

La doctoranda D<sup>ª</sup>. Laura Molina Moreno ha realizado su actividad investigadora con un alto grado de interés, cumpliendo tanto del Plan de Investigación como del de Formación, superando en este último caso los requisitos necesarios, tal como exige la actual normativa de los Estudios de Doctorado.

Desde su incorporación al Programa de Doctorado ha estado muy implicada sobre su proyecto de Tesis, tomando decisiones y resolviendo las complicaciones generadas durante el desarrollo de ésta. Como consecuencia de su trabajo se han publicado varios artículos científicos en revistas internacionales indexadas en Journal Citation Report (JCR) y se han presentado resultados en diversos foros científico-técnico. Además, debido a la colaboración en las tareas investigadoras del Grupo de Investigación posee otros artículos en revistas internacionales indexadas también en JCR.

Como directores consideramos que la presente Tesis Doctoral reúne las exigencias científicas necesarias para ser defendida con el fin de obtener el título de Doctor por la Universidad de Córdoba.

Así pues, autorizamos la presentación y defensa de la citada Tesis Doctoral.

Firma de los directores

Fdo. Carlos Carmelo Pérez Marín

Fdo. Estrella I. Agüera Buendía



## Relación de contribuciones científicas (aportaciones a congresos, ponencias y publicaciones científicas) derivadas de la presente Tesis Doctoral:

- **Molina L**, Agüera EI, Vizuet G, Pérez-Marín CC (2012) Proteínas de fase aguda. *Mesa Redonda de Fracaso Reproductivo (II Edición)*. *Fatro Ibérica*. Córdoba, España. 06/11/2012.
- **Molina L**, Agüera EI, Vizuet G, Pérez-Marín CC (2012) Bienestar animal y reproducción. *Mesa Redonda de Fracaso Reproductivo (II Edición)*. *Fatro Ibérica*. Córdoba, España. 06/11/2012.
- **Molina L**, Agüera EI, Sánchez JM, Vizuet G, Pérez-Marín CC (2014) Avances en cow confort. *Mesa Redonda en Fracaso Reproductivo (III Edición)*. *Fatro Ibérica*. Córdoba, España. 03/04/2014.
- **Molina L**, Agüera EI, Sánchez JM, Vizuet G, Pérez-Marín CC (2014) Correlacionando reproducción con bienestar en vacas lecheras. Jornadas Técnicas. VII Feria de Ganado Frísón 2014 "Usías Holstein". Dos Torres, Córdoba, España. 16/04/2014.
- Pérez-Marín CC, **Molina L**, Sánchez JM, Agüera EI (2014) Could reproductive parameters reflect the well-being status at farm leve in dairy cattle? *First Scientific Conference in Health and Welfare of Dairy Animals. Cost Action FA1308*. Copenague, Dinamarca. 22 al 23/08/2014.
- **Molina L**, Agüera EI, Sánchez JM, Pérez-Marín CC (2014) Longitudinal study of comfort around resting and its correlations with reproductive efficiency in dairy cows in Southern Spain. *First Scientific Conference in Health and Welfare of Dairy Animals. Cost Action FA1308*. Copenague, Dinamarca. 22 al 23/08/2014.
- **Molina L** (2014) Relación entre cow confort e índices reproductivos en Andalucía. III Webinar Bienestar Animal. *Fatro Ibérica*. Córdoba, España. 18/12/2015.
- **Molina L**, Sánchez JM, Vizuet G, Pérez-Marín CC, Requena F, Agüera EI (2014) Relationship between animal welfare and reproductive rates in dairy cattle. *12º Congreso de la Asociación Española de Reproducción Animal*. Alicante, España. 16 al 18/10/2014. *Reproduction in Domestic Animals*, 49 (7): 116-117. ISSN: 0936-6768.
- **Molina L**, Pérez-Marín CC, Agüera EI (2015) Contemporaneous and lagged effects of on-farm welfare assesment on reproductive parameters in dairy cattle. *Second Scientific Conference in Health and Welfare of Dairy Animals. Cost Action FA-1308*. Córdoba. 03 al 04/03/2015.
- **Molina L**, Pérez-Marín CC, Agüera EI (2015) Calving monitorization by remote technology in dairy cattle. *Third Scientific Conference in Health and Welfare of Dairy Animals. Cost Action FA-1308*. Zadar, Croacia. 05 al 06/10/2015.
- Agüera EI, **Molina L**, Pérez-Marín CC (2015) Computer assited monitorization of therapeutic drugs consumption in dairy cattle in Southern Spain. *Second Scientific Conference in Health*



- and Welfare of Dairy Animals. Cost Action FA-1308. Zadar, Croacia. 05 al 06/10/2015.
- **Molina L**, Agüera E, Francisco Maroto-Molina F and Pérez-Marín CC (2019) Assessment of on-farm welfare for dairy cattle in southern Spain and its effects on reproductive parameters. *Journal of Dairy Research* 86(2): 165-170
  - **Molina L** (2019) Desmochado o descornado sin dolor: un punto clave en el bienestar de las terneras. Jornada Técnica de Africor Lugo sobre producción de leche. Lugo, España. 06/03/2019.
  - **Molina L** (2019) Puntos clave en el bienestar del vacuno lechero: Welfare Quality® viene para quedarse. XXI Jornadas técnicas de Ganado Vacuno Lechero y Cooperativismo. Zamora, España. 05/04/2019.
  - **Molina L** (2019) Procedimiento correcto de desmoche en las terneras. Jornadas Técnicas. XXVII Feria Agroganadera. Pozoblanco, Córdoba, España. 23 al 24/04/2019.
  - **Molina L**, Cuevas I, Agüera EI, Pérez Marín CC (2019) Estudio del resultado práctico de aplicar buenas prácticas en el desmochado de las terneras. Asociación Nacional de Especialistas en Medicina Bovina de España (ANEMBE) XXIV Edición. Sevilla, España. 22 al 24/05/2019.
  - **Molina L**, Agüera EI, Pérez-Marín CC, Maroto-Molina F (2020) Comparing welfare indicators in dairy cattle under different loose housing systems (deep litter vs cubicle barns) using recycled manure solids for bedding. *Spanish Journal of Agricultural Research* 18 (1):e0501.
  - Maroto F, Pérez-Marín CC, **Molina L**, Agüera EI, Pérez DC (2020) Welfare Quality® for dairy cows: towards a sensor-based assessment. *Journal of Dairy Research* 87(S1):28-33.

Muchos han sido los que han estado apoyándome en este largo caminar. Sin ellos, hubiese sido imposible cumplir este sueño. Cada uno ha sido pieza clave que ha ido encajando a la perfección en mi puzzle, por eso gracias...

Eternamente agradecida a mi madre. Me transmitió los valores sobre los que hoy sustento mi vida. Siempre supo sacar lo mejor de mí, y lo más importante, me enseñó a ser feliz. Hoy, allá donde estés, sé que te sentirás tremendamente orgullosa, tanto como yo de tí. Esta Tesis Doctoral te la dedico a tí, "MI MADRE".

A mi padre, porque aún hoy, con sus casi 80 años sigue levantándose cada mañana con ganas e ilusión; porque junto con mi madre, supieron inculcarnos tanto a mis hermanos como a mí, que con esfuerzo y voluntad se consigue lo que uno se proponga, que la vida es cuestión de actitud, que las piedras en el camino siempre aparecen, pero que a pesar de todo, debemos de seguir luchando cada día.

A mis hermanos, David y Alfonso, ellos son el mejor regalo que me han hecho mis padres. Innumerables charlas en las que parecemos arreglar el mundo, ese pequeño gran mundo que formamos los tres.

A mis sobrinas, M<sup>a</sup>Ángeles y Noelia, dos torbellinos que llegaron a mi vida para llenarla de alegrías y de enseñanzas. De ellas aprendí a saber disfrutar de cada instante que nos presenta la vida. Tan pequeñas y grandes a la vez.

A mis abuelos, cimientos desde donde empieza toda la historia...

A mis tías, Paqui y Toñi porque siempre han estado ahí, formando parte de uno de los pilares más importantes de mi vida, mi familia.

A mis primos Rafael y Raquel. A través de ellos me llega el gran legado que dejó mi tío Rafalín, el cual hoy sería una de las personas que se sentiría más orgullosa de poder leer mi tesis.

A mi tío Pepín porque era culto de forma innata, le apasionaba la vida y el aprender. Él también se alegraría.

A Sánchez, persona excepcional, con la que tanto llevo compartiendo a lo largo de mi vida, y como no, de la presente Tesis Doctoral. Me enseñas mucho de tesón, de constancia..., de poder aminorar el paso, pero nunca rendirse. Gracias por esas infinitas charlas donde siempre encuentro mi remanso de paz.

A Adrián, ese "casi doctora", que hoy se convierte en "doctora". Gracias por haberme enseñado

tanto a lo largo de estos años compartidos, que han sido como una montaña rusa, llenos de subidas y bajadas, pero, ¡cuánto lo hemos disfrutado! Gran suerte la mía de haberme cruzado contigo, gran persona antes que gran profesional, lección de vida que me has dado.

A Maricarmen, que siempre me prestó su refugio para que se convirtiera en el mío, gracias por esas infinitas charlas amiga.

A mi grupo de amigos de siempre, con los que llevo tanto vivido...charlas, llantos, risas, reuniones, salidas, entradas, esa segunda familia que uno elige. Juanlu, Pepa, Sergio, Elena, Nuria...sigamos viviendo!

No puedo olvidarme de mi amigo Juanfran. En su ganadería, hace ya años, tuve la oportunidad de palpar la primera vaca y desde ahí, la gran pasión de trabajar con estos animales. Agradecerle que me abriera las puertas de muchas de las ganaderías para la toma de datos de la Tesis Doctoral que hoy presento. Y por supuesto, gracias por las muchas conversaciones que hemos tenido a lo largo de estos años, y esos interminables audios... que, con solo recordarlos, me sale una sonrisa.

Si hay una gran verdad, es que hoy no podría estar leyendo esta Tesis Doctoral si no es porque ganaderos de Dos Torres (donde la profesionalidad, nobleza y hospitalidad van juntas de la mano) e Inma (gran profesional de la veterinaria), me dejaron trabajar con sus vacas y terneras, aunque como algunos decían, “si es que no das ruido” ... pero sin vuestros animales y vuestra disposición en cada visita, nada de esto estaría siendo posible. Muchísimas gracias por ser capaces de poco a poco ir cambiando la visión del sector primario. Espero seguir trabajando con vosotros.

A Carlos Pérez, por ser mi mentor en el mundo de las vacas, aunque los comienzos nunca fueron como los finales. Inolvidables esos partos, esos diagnósticos de gestación, ¡qué bonito poder recordarlo! Lo mejor de todo es que en el presente, seguimos charlando durante horas para continuar avanzando en el mundo del bovino lechero. Gracias por tu paciencia y tu insistencia a lo largo de todos estos años, supimos sacarle lo mejor a cada instante. Después de esta Tesis Doctoral, en la que tanto esfuerzo has puesto, sigamos juntos por el camino que hace tantos años nos unió, el de la “vaca de leche”.

A Estrella Agüera, por ser la persona que me abrió la puerta al Bienestar Animal, siempre recordaré...” Laura, céntrate en esta línea que se prevé que en los próximos años va a ser uno de los puntos más importantes en la ganadería del bovino lechero” ...y aquí estoy hoy, presentando mi Tesis Doctoral, sobre Bienestar Animal en vacas lecheras.

A Paco Maroto, por haber sido capaz de entender cada mensaje y haberle sacado el mejor partido a los datos que hoy presento.

A todas las personas que en algún momento de esta andadura pasaron por mi vida para enseñarme algo sobre el maravilloso mundo de la vaca lechera. Unos se quedaron, otros se fueron, pero todos aportaron su pequeño granito de arena.

Y gracias a las vacas lecheras que hacen de mi profesión, una pasión.



No es suficiente estudiar el bienestar;  
nuestra responsabilidad es promoverlo.

A.J.F. Webster



**Agradecimientos****Índice de figuras y tablas****Abreviaturas**

<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
1. Concepto de bienestar animal .....	1
2. Relevancia del bienestar en el bovino lechero.....	5
<b>Objetivos</b> .....	<b>7</b>
1. Objetivo general .....	7
2. Objetivos específicos.....	7
<b>Revisión bibliográfica</b> .....	<b>9</b>
1. Definición de bienestar animal .....	9
2. Sistemas de evaluación de bienestar animal .....	10
3. Tipos de alojamiento empleados en Europa para vacas lecheras .....	12
4. Influencia del estrés en el bienestar animal .....	18
5. Desmochado-descornado como punto clave en el bienestar de la recría.....	21
6. Ganadería de precisión como herramienta para optimizar el bienestar animal .....	25
<b>Material y métodos</b> .....	<b>29</b>
1. Animales y manejo .....	29
2. Evaluación del bienestar animal: vacas adultas y recría .....	32
3. Evaluación del momento del parto .....	39
4. Análisis estadístico .....	42
<b>Resultados</b> .....	<b>45</b>
1. Evaluación del bienestar animal en ganaderías del Sur de España (Estudio 1) .....	45
2. Bienestar animal en vacas alojadas en cubículos y en cama fría (Estudio 2).....	49
3. Bienestar animal en terneros durante el descornado (Estudio 3) .....	53
4. Bienestar animal en terneros durante el desmochado (Estudio 4) .....	56
5. Control del parto mediante sensores vaginales de temperatura (Estudio 5).....	60
<b>Discusión</b> .....	<b>63</b>
1. ¿Cuál es la situación respecto a bienestar animal en la que se encuentran las ganaderías de vacuno lechero del sur de España? Estudio 1. <i>Evaluación del bienestar animal de ganaderías de vacuno lechero en el sur de España</i> .....	63



2. ¿Pueden los diferentes sistemas de alojamiento influir sobre el grado de bienestar animal en ganado vacuno lechero? Estudio 2. <i>Comparación del bienestar animal en vacas lecheras alojadas en cubículos o en cama fría</i> .....	67
3. ¿Cómo influye la aplicación de AINEs pour-on sobre la respuesta de las terneras al descornado? Estudio 3. <i>Evaluación del comportamiento post-descornado tras la utilización de un AINE pour-on previo al descornado</i> .....	73
4. ¿Qué protocolo debe seguirse para reducir el dolor durante el desmochado en terneros? Estudio 4. <i>Evaluación de la eficacia del uso de sedación, anestesia local y/o antiinflamatorios previos al desmochado sobre el comportamiento y los parámetros bioquímicos</i> .....	76
5. ¿De qué manera el uso de sensores para monitorizar el parto puede mejorar el bienestar en las vacas? Estudio 5. <i>Monitorización del parto mediante termosensores intravaginales</i> .....	79
6. ¿Sería posible evaluar el bienestar animal en vacas lecheras únicamente mediante sistemas basados en sensores? ARTÍCULO 6. <i>La implantación de sensores multifunción podría ayudar en la monitorización automática del bienestar animal en vacas lecheras: una propuesta de futuro</i> .....	81
<b>Conclusiones</b> .....	<b>91</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>93</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>95</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>97</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>122</b>

Figura 1. Cronología del bienestar animal .....	2
Figura 2. Estabulación libre: cama caliente (izquierda) y cama fría (derecha) .....	12
Figura 3. Estabulación libre: cubículos .....	13
Figura 4. Arado que se usa para arar diariamente la cama de los cubículos (izqda). Aspecto de los cubículos una vez arados (dcha) .....	14
Figura 5. Dimensiones recomendadas para los cubículos .....	15
Figura 6. Elementos del cubículo .....	16
Figura 7. Síndrome general de adaptación .....	19
Figura 8. Localización de dispositivos en una vaca: (1) dispositivo en la oreja, (2) dispositivo en cabezada, (3) dispositivo en collar en el cuello, (4) bolo retículo-ruminal, (5) podómetro, (6) dispositivo en la parte superior de la cola, (7) transponder inyectado en la cabeza de la cola, y (8) bolo vaginal .....	27
Figura 9: Manejo del estiércol para su uso posterior. Izquierda: recogiendo fracción sólida. Derecha: extendiendo fracción sólida para que se seque .....	30
Figura 10: Amontonando el estiércol para su uso posterior.....	30
Figura 11. Esquema del diseño experimental para evaluar el comportamiento posdescornado tras la utilización de FMP previo al descornado .....	35
Figura 12. Esquema del diseño experimental para evaluar la eficacia del uso de FMP y ANL previo al desmochado sobre comportamiento y parámetros bioquímicos.....	36
Figura 13. Aplicación de ANL.....	37
Figura 14. Rasurado de la zona del desmochado (izqda). Final del rasurado (dcha).....	37
Figura 15. Descornador Horn'up.....	38
Figura 16. Desmochado incorrecto .....	38
Figura 17. Desmochado correcto .....	38
Figura 18. Lubricante, dispositivo intravaginal, aplicador para insertar el dispositivo, y clorhexidina.....	39
Figura 19. Limpieza de la zona vulvar antes de insertar el dispositivo. ....	39
Figura 20. Diferentes tamaños de los dispositivos intravaginales. ....	40
Figura 21. Estación Medria.....	40
Figura 22. Activación del dispositivo.....	41

Figura 23. Parto probable y esperado a las 48 horas.....	41
Figura 24. Sensor expulsado.....	41
Figura 25. Monitorización box de parto.....	41
Figura 26. Clasificación de las ganaderías lecheras evaluadas usando el protocolo Welfare Quality® en términos de alojamiento, alimentación y salud. ....	45
Figura 27. Media de puntuación (%) para salud, alimentación y alojamiento dependiendo del sistema de alojamiento.....	52
Figura 28. Niveles de $\beta$ -hidroxibutirato en los grupos de terneras sometidos a diferentes tratamientos.....	58
Figura 29. Niveles de glucosa en los grupos de terneras sometidos a diferentes tratamientos.....	58
Figura 30. Niveles de proteínas totales en los grupos de terneras sometidos a diferentes tratamientos.....	59
Figura 31. Niveles de albúmina en los grupos de terneras sometidos a diferentes tratamientos.....	59
Figura 32. Niveles de globulinas en los grupos de terneras sometidos a diferentes tratamientos.....	60
Figura 33. Curva de supervivencia para el tiempo (horas) entre alerta de “parto esperado en 48h” y alerta de “expulsión del sensor” en vacas lecheras monitorizadas con el sistema Vel’phone.....	61
Figura 34. Duración del parto con relación al número de gestaciones que han tenidos las vacas.....	62
Figura 35. Curva de supervivencia para el tiempo (minutos) entre la alerta “sensor expulsado” y el final del parto en vacas lecheras monitorizadas con el sistema Vel’Phone.....	62
Tabla 1. Recopilación de datos y puntuaciones para evaluación del bienestar de vacas lecheras según WQ (2009).....	33
Tabla 2. Estadística descriptiva de las variables medidas en el presente estudio, de acuerdo con el protocolo WQ (2009).....	46
Tabla 3. Correlación bivariada entre los diferentes parámetros de bienestar obtenidos en las ganaderías lecheras analizadas y entre los parámetros mencionados y los índices reproductivos y lecheros.....	48
Tabla 4. Diferencias significativas entre indicadores de bienestar en cama fría y en cubículos usando ANOVA y Chi-square test. * Datos no disponibles debido a la ausencia de controles	

lecheros. El peor escenario (17.5% de vacas con CCSS>400,000) fue considerado, de acuerdo con el WQ.....	50
Tabla 5. Valoración de alimentación, alojamiento y salud de las ganaderías participantes en este estudio, según el protocolo.....	51
Tabla 6. Media de valores reproductivos y productivos en cama fría y en cubículos .....	53
Tabla 7. Presencia o no de alteraciones comportamentales posdesmochado tras la aplicación previa de Finadyne Transdérmico .....	54
Tabla 8. Tabla de contingencia AINE*ALT COMPORT .....	55
Tabla 9. Prueba de Chi-cuadrado .....	55
Tabla 10. Comportamiento durante el procedimiento.....	57
Tabla 11. Intervalo entre las alertas enviadas por los sensores del parto en vacas de diferentes edades .....	61
Tabla 12. Causas por las que se produjeron errores en la emisión de alertas desde los dispositivos.....	61



AA: Animales atados  
AC: Alteraciones comportamentales en post-descornado  
ACTH: Hormona adrenocorticotropa  
AE: Acceso al exterior  
AINE: Antiinflamatorio no esteroideo  
AL: Albúmina  
ANL: Anestesia local  
AP: Acceso a pasto  
BA: Bienestar Animal  
BHB:  $\beta$ -hidroxibutirato  
BLI: Barra limitadora de cuello  
BPB: Bedded pack barns  
C: Cubículos  
CBPB: Compost bedded pack barns  
CC: Condición corporal  
CCL: Corte de colas  
CF: Cama fría  
COJ: Cojeras  
CRH: Corticotropina  
CV: Coeficiente de variación  
D: Diarrea  
DC: Detección de celos  
DCT: Desmochado por cauterización  
DEL: Días en leche  
DES: Método de desmochado  
DN: Descarga nasal  
DO: Descarga ocular  
DQ: Desmochado químico  
DV: Descarga vulvar  
EFSA: European Food Safety Authority  
EuroFAWC: European Forum for Animal Welfare Councils  
FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación  
FB: Funcionalidad del bebedero  
FERT: Fertilidad  
FMP: Flunixin meglumine pour-on  
FT: Finadyne transdérmico  
GC: Glucocorticoides  
GL: Glucosa  
GLB: Globulinas  
GMD: Ganancia media diaria  
HAA: Eje Hipotálamo-Adenohipófisis-Adrenales  
I/C: Inseminaciones por concepción  
IDF: International Dairy Federation  
IEP: Intervalo entre partos  
INT: Alteraciones del integumento  
LB: Limpieza de bebedero  
LIP: Limitador de pecho  
M: Media  
NKC: Natural Killer Cells  
NRC: National Research Council  
OIE: Organización Mundial de Salud Animal

PAC: Política Agrícola Común

PB: Provisión de agua

P-IFec: Intervalo entre parto-inseminación fecundante

P-1ªInsem: Intervalo entre parto-primera inseminación

PLF: Ganadería de precisión

PROCED: Procedimiento descornado

Procedimiento CCL: Procedimiento del corte de colas

Procedimiento DES: Procedimiento de desmochado

PT: Proteínas totales

RD: Respiración dificultosa

SCT: Suciedad cuarto trasero

SED: Sedación

SGA: Síndrome General de Adaptación

SPT: Suciedad patas traseras

SU: Suciedad ubre

T: Tos

TFAD: Animales tumbados parcial o totalmente fuera del área de descanso

TNT: Tiempo necesario para tumbarse

UE: Unión Europea

VC: Vacas con cuernos

VCC: Vacas cola cortada

WQ: Welfare Quality®

%C: Porcentaje de colisiones

## **INTRODUCCIÓN**





## **1. Concepto de bienestar animal.**

En 1986, Broom hizo referencia al bienestar animal (BA) bajo la siguiente definición: “el bienestar de un individuo es el estado en que se encuentra con relación a sus intentos de afrontar su ambiente”. Y la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) especificó que el concepto de bienestar animal se basaba en tres pilares fundamentales como eran la salud física, el comportamiento y el estado emocional, especificando que “un animal se encuentra en un estado satisfactorio de bienestar cuando está sano, confortable y bien alimentado, puede expresar su comportamiento innato y no sufre dolor, miedo o estrés”. Esta naturaleza multidimensional del concepto de bienestar animal queda recogida también en el denominado principio de las cinco libertades, que fue publicado en 1965.

Haciendo un recorrido por la historia encontramos que el artículo 36 del Tratado de Roma (1957) ya tuvo en cuenta medidas para la protección de la salud de los animales, aunque no se mencionaba el BA. La primera legislación de la Unión Europea (UE) sobre BA se adoptó en 1974 y hacía referencia a la protección de los animales en los mataderos. Desde entonces, UE ha adoptado textos legales para proteger a los animales de granja y de laboratorio. Actualmente en la UE no hay una normativa de BA, sino una normativa de la Política Agrícola Común (PAC) que se responsabiliza de la misma (Villalba, 2015).

En 1976, la UE firmó la Convención Europea para la protección de animales en explotaciones ganaderas, considerando que era deseable adoptar disposiciones comunes para la protección de animales criados con fines agrícolas, particularmente en los sistemas modernos de cría intensiva. El informe Spinelli (1983) proponía establecer que, dentro de la política medioambiental, la UE tomara medidas diseñadas para mantener la protección animal. Y fue en 1992, en el Tratado de Maastricht, cuando se produjo un cambio considerable, ya que se incluía un texto específico en el que por primera vez se aludía al término BA. El Tratado de Amsterdam (1997) reforzó la política comunitaria en BA con el “Protocolo de protección y bienestar de los animales”, deseando organizar una mayor protección y mayor respeto del bienestar de los animales como seres sensibles.

Sin embargo, hubo que esperar hasta 1998 para que entrara en vigor la Directiva 98/58/UE, relativa a la protección de los animales en explotaciones ganaderas, en la que se especificaba que los animales tienen que disfrutar de las cinco libertades, es decir, deben estar libres de hambre y sed, libres de incomodidades, libres de dolor, heridas y enfermedades, libres para tener una conducta normal y libres de miedo y angustia.

El BA fue considerado como prioritario en el Plan Estratégico de la OIE durante los años 2001-2005, convirtiéndose en referente clave en las prácticas del bienestar animal. En el año 2004 se creó un Fondo Mundial para la Salud y el Bienestar de los Animales, cuyo objetivo era poner en marcha programas de acción, investigación científica y formación, etc., con el fin de promocionar el bienestar animal y apoyar a la OIE.

El Tratado de Lisboa (2009), actual tratado de funcionamiento de la UE, reconocía a los animales como «seres sensibles» e incluyó como novedad que los ciudadanos podían presentar propuestas a la Comisión Europea, lo que ha llevado a que el Parlamento Europeo haya recibido numerosas solicitudes sobre asuntos relativos a la protección animal. Este Tratado, en su artículo 13, obliga a la UE y a los Estados miembros a tener plenamente en cuenta sus exigencias en materia de bienestar cuando preparen o apliquen determinadas políticas de la UE, ya que los animales, como se ha mencionado antes, son seres sensibles.

En 2012 se presentó un proyecto que perseguía la elaboración de una Directiva Europea para mejorar el bienestar animal en vacas de producción láctea en la UE. Además, en ese mismo año, se trazó la Estrategia para la Protección y Bienestar de los Animales de Granja que garantizaba la cría y transporte de gallinas, cerdos, bovinos y ovejas, entre otros animales, bajo condiciones que no implicaran maltrato ni les causara dolor o sufrimiento.

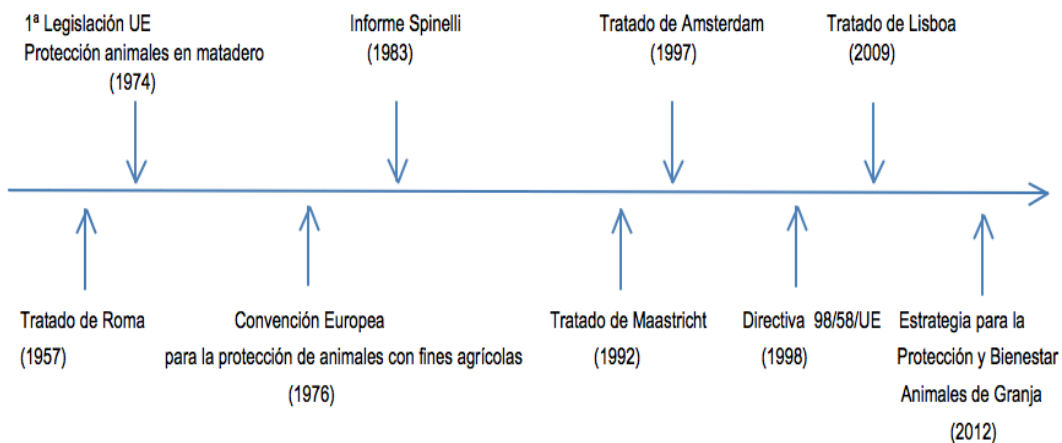


Figura 1. Cronología del bienestar animal. Elaboración propia.

La aplicación de las normas de la UE es una responsabilidad que reside en los Estados miembros y la Comisión lleva a cabo auditorías periódicas para comprobar si las autoridades

competentes realizan los controles oficiales de forma adecuada. Asimismo, la Comisión participa activamente en la promoción de las normas de la UE en materia de BA a nivel internacional a través de las normas internacionales de la OIE y de la firma de acuerdos bilaterales o de cooperación con países no pertenecientes a la UE. Los Estados Miembros tienen un importante papel que desempeñar ya que son los responsables de la aplicación de las normas de la UE a través de diversos medios, entre los que se incluyen los controles oficiales. Este desarrollo también puede implicar la financiación de programas de investigación a nivel nacional. En particular, muchos actos legislativos de la UE en materia de BA contienen la obligación de que los Estados Miembros impartan y validen formación a las personas que se ocupan de los animales. Por consiguiente, los Estados Miembros deben dedicar los recursos adecuados para garantizar que los operadores sean competentes cuando manipulan y crían animales.

Las actitudes de los ciudadanos europeos sobre el BA quedaron demostradas en los resultados de la encuesta Eurobarómetro (2016) en la que se reflejó que el 94% están sensibilizados con el BA y con la forma en que hay que proteger a los animales. Estos resultados derivaron en el lanzamiento de la plataforma de la UE sobre BA en 2017, reuniendo en Bruselas a representantes de las partes interesadas en este tema (ONGs, científicos, Estados Miembros, etc.). Su objetivo es promover el diálogo entre las autoridades competentes, las empresas, la sociedad civil y los científicos sobre cuestiones de BA que son pertinentes para los ciudadanos de la UE. Sus resultados dependerán en gran medida de la participación de cada miembro, siendo un foro donde compartir información y experiencia ya que, como se recogía en el lema de la estrategia de la UE sobre bienestar animal que se adoptó en 2012, "Todos somos responsables". Hoy en día, el BA se debate a nivel internacional en diferentes instituciones como son la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), la organización europea para el BA (EuroFAWC) o la OIE. Por lo tanto, la plataforma podría desempeñar el papel de conexión entre estos distintos foros o grupos.

En la actualidad, la Comisión trabaja en cuatro prioridades:

1. Mejorar la aplicación de las normas de la UE sobre BA.
2. Desarrollo de un diálogo con las partes interesadas.
3. Promoción de las normas de la UE a nivel mundial.
4. Designación de centros de referencia de la UE sobre BA.

Estos centros ayudarán a los países de la UE en sus controles oficiales realizando estudios científicos y técnicos, impartiendo cursos de formación y divulgando los resultados. Los centros de referencia de la UE también proporcionarán conocimientos especializados científicos y técnicos sobre los métodos para evaluar y mejorar el BA (Reglamento UE 2017/265).

A continuación, se compilan los documentos que a nivel europeo, nacional y regional legislan todo aquello relacionado con el BA de vacas lecheras:

- **CONSEJO EUROPEO**

- Directiva del Consejo 91/629/CEE, 19 noviembre 1991, relativa a las normas mínimas para la protección de terneros.
- Directiva del Consejo 98/58/CE, 20 Julio 1998, relativa a la protección de los animales en las explotaciones ganaderas, independientemente de su especie. Dichas normas se aplican a los animales criados para la producción de alimentos, lana, pieles, cuero u otros fines ganaderos, incluidos peces, reptiles y anfibios.
- Decisión de la Comisión 2000/50/CE, 17 diciembre 1999, relativa a los requisitos mínimos para la inspección de las explotaciones ganaderas
- Reglamento (CE) Nº 1/2005 del Consejo de 22 de diciembre de 2004 relativo a la protección de los animales durante el transporte y las operaciones conexas y por el que se modifican las Directivas 64/432/CEE y 93/119/CE y el Reglamento (CE) nº 1255/97.
- Reglamento (CE) Nº 1099/2009 del Consejo de 24 de septiembre de 2009 relativo a la protección de los animales en el momento de la matanza.

- **ESPAÑA**

- Real Decreto 348/2000, de 10 de marzo, por el que se incorpora al ordenamiento jurídico la Directiva 98/58/CE, relativa a la protección de los animales en las explotaciones ganaderas.
- Real Decreto 1047/1994. De 20 de mayo, relativa a las normas mínimas para la protección de terneros.
- Ley 8/2003, de 24 de abril, de sanidad animal.
- Ley 11/2003, de 24 de noviembre, de protección de los animales.
- Ley 32/2007, de 7 de noviembre, para el cuidado de los animales, en su explotación, transporte, experimentación y sacrificio.

- **ANDALUCÍA**

- Ley 11/2003, de 24 de noviembre, de Protección de los Animales. (BOJA nº 237, de 10 de diciembre de 2003).
- Decreto 55/1998, de 10 de marzo, por el que se establecen los requisitos sanitarios aplicables al movimiento y transporte de ganado y otros animales vivos. (BOJA nº 45 de 23 de abril de 1998).
- Orden de 2 de mayo de 2001, por la que se dictan normas en relación con la expedición de determinados documentos sanitarios previstos en el Decreto 55/1998, de 10 de marzo, por el que se establecen los requisitos sanitarios aplicables al movimiento y transporte de ganado y otros animales vivos y se adaptan determinados Anexos del mismo (BOJA nº 59 de 24 de mayo de 2001).
- Decreto 133/2005, de 24 de mayo, de distribución de competencias establecidas en la Ley 11/2003, de 24 de noviembre, de protección de los animales, entre las Consejerías de Gobernación y de Agricultura y Pesca (BOJA nº 111, 9 junio 2005).

## **2. Relevancia del bienestar animal en bovino lechero**

La intensificación de la producción del vacuno lechero ha dado lugar a una presión en la selección genética en detrimento de la longevidad de los animales como consecuencia de la mayor presentación de patologías tales como problemas reproductivos, podales y mamitis, entre otras (Rutter, 2015), dando lugar a que la vida productiva en vacas lecheras raramente alcance las 3-4 lactaciones, situando la tasa de sacrificio en torno al 21-36% (Mohd-Nor y col., 2014). En datos publicados por la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, 2009), se observa mayor incidencia de problemas podales, locomotores, reproductivos, comportamentales y mastitis asociados a un deficiente bienestar en las ganaderías de vacuno lechero. En este sentido, se describe que tanto los fallos reproductivos como la salud de ubre son las razones principales para el sacrificio involuntario en estos animales (Chiumia y col., 2013).

En las ganaderías de ganado vacuno de leche es irremediable la interacción entre los animales y las personas durante los procesos de ordeño, limpieza, tratamientos reproductivos y farmacológicos, entre otros. Por ello, hay que tener presente que el comportamiento de los animales en ganaderías intensivas está muy condicionado por el trato que le dan los cuidadores (Stricklin y Kautz-Scanavy, 1984), por lo que este componente es clave para el bienestar y no representa una inversión extra por parte del ganadero, sino que solo se necesita fomentar la

formación al respecto. Se trata, por tanto, de ser capaces de ayudar a las vacas lecheras a alcanzar su potencial productivo, es decir, lograr un equilibrio entre el bienestar animal y la rentabilidad (Allendorf y Wettemann, 2015).

La sociedad se encuentra cada vez más sensibilizada con la calidad de la seguridad alimentaria (Cembalo y col., 2016), con el respeto y cuidado de los animales (Wilkins, 2004) y con la producción ética de los alimentos (Croney y Botheras, 2010; Cardoso y col., 2016). Por este motivo, cada vez son más las empresas que desean conseguir los distintivos y certificaciones que acrediten el BA de los animales de los que proceden sus productos. La necesidad de demostrar la conformidad con los estándares de bienestar mediante protocolos de valoración sistémicos es probablemente una realidad para el futuro de las industrias lácteas (Rushen y col., 2011). Dichos estándares están destinados a garantizar a los consumidores que los alimentos proceden de animales que han sido tratados con respeto, asegurando a la sociedad que, en las granjas, los animales son cuidados obedeciendo las normas éticas y, por otro lado, ayudando a mejorar la rentabilidad de las ganaderías.

En 2008, miembros de los Comités permanentes de la Federación Internacional de Lechería sobre gestión de ganaderías y sanidad animal, así como de representantes de la OIE y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), elaboraron la ***Guía para el bienestar animal en la producción lechera*** con el fin de promocionar buenas prácticas para el BA en la producción de leche a escala global. Estas prácticas deben estar basadas en principios científicos y tomar en consideración parámetros relevantes y esenciales para las ganaderías lecheras. A pesar de la importancia que todo esto va adquiriendo, no existe a nivel mundial un sello universal, ni un protocolo de monitorización de bienestar validado para más de un país (Bottaro, 2009).

La presente Tesis Doctoral establece un objetivo general dirigido a conocer la situación actual del BA en ganado bovino lechero en el sur de España y para ello, se fijaron diferentes objetivos específicos que permitirían analizar diferentes aspectos de este campo, como se describe a continuación.

### **1. Objetivo general**

Evaluar el grado de bienestar animal en ganaderías de bovino lechero del sur de España, identificando y eliminando aquellos procedimientos que ocasionan dolor, y definiendo nuevas estrategias de valoración del confort que optimicen el tiempo empleado.

### **2. Objetivos específicos**

1. Evaluar el nivel de bienestar de las ganaderías situadas en el sur de España.
2. Comparar los parámetros de bienestar animal basados en el protocolo Welfare Quality® en animales alojados en cubículos o en cama fría.
3. Estimar la importancia del desmochado y descornado sin dolor en terneras.
4. Valorar las tecnologías de precisión en las "ganaderías inteligentes" para prevenir problemas de salud en los animales.
5. Discutir el uso potencial de tecnologías de ganadería de precisión (PLF) para evaluar las medidas incluidas en el protocolo Welfare Quality® para ganado lechero, proporcionando datos objetivos y continuos sobre el bienestar animal.





## **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**



## 1. Definición de bienestar animal

La definición universal de bienestar animal debería ser aquella que se basa en emociones, pero frente a la imposibilidad de poder objetivarlas, se dice que la definición de bienestar no es única. Harrison (1964) manifestó su preocupación en referencia a que los animales de producción no eran tratados como individuos vivos y Thorpe (1965) enfatizó que era fundamental comprender la biología de los animales para poder mejorar su bienestar. En respuesta a lo que Harrison publicó en su libro *Animal Machines*, se elaboró un documento titulado "*Report of the technical committee to enquire into the welfare of animal kept under intensive livestock husbandry systems*", nombrado comúnmente como Informe de Brambell, donde quedaron plasmadas "las cinco libertades" que deben tener los animales:

- **Libre de hambre y sed** (nutrición adecuada) mediante fácil acceso a agua limpia y una dieta capaz de mantener el estado de salud adecuado.
- **Libre de incomodidad física y térmica**, facilitando un ambiente protegido y con áreas de descanso cómodas.
- **Libres de lesiones, enfermedad y dolor** (sanidad adecuada), con esquemas preventivos, diagnósticos y tratamientos adecuados.
- **Libres para expresar un comportamiento normal**, para lo que se requiere una infraestructura adecuada, con espacio suficiente y con animales de su misma especie para interactuar.
- **Libres de miedo y angustia**, evitando condiciones de sufrimiento psicológico.

En 1976, Hughes definió el bienestar como "*el estado de salud mental y física completa, donde el animal está en equilibrio con su medio ambiente*". El bienestar animal no sólo se refiere a la salud física, sino también al estado de su mente y la satisfacción del animal (Hewson, 2003), considerándose un concepto multidimensional (Fraser, 1995) que requiere una evaluación atendiendo a múltiples criterios (Botreau y col., 2007). El bienestar animal es algo intrínseco para los animales y no algo que le proporcione el ser humano (Broom, 1996).

La definición de BA más común y aceptada es la de Fraser y col. (1997) que incluye tres componentes. Por un lado, los sentimientos y emociones de los animales que van a definir si están sintiendo hambre, sed, dolor, etc.; en segundo lugar, la función biológica del animal en términos de salud y producción; y, para terminar, la naturalidad del animal que describe la

capacidad de este para tener un comportamiento y vida normal. Pongamos un ejemplo para entender los tres componentes, una vaca lechera que sufre mamitis clínica es probable que sienta dolor (sentimientos y emociones) (Leslie y Petersson-Wolfe, 2012), así mismo tiene reducción de la producción y de la calidad de leche (función biológica) (Hagnestam y col., 2007) y estará más tiempo levantada y menos descansando (natural) (Siivonen y col., 2011).

Para satisfacer las condiciones de bienestar existen criterios que deben ser observados. Los animales necesitan tener disponibilidad de alimentos en función de sus necesidades, fácil acceso a bebederos y total libertad de movimientos (Butler y Smith, 1989), disponer de una adecuada área de descanso (Lawrence y Appleby, 1996) y mantener una correcta higiene para evitar proliferación de microorganismos patógenos (Philipot y col., 1994; Barkema y col., 1998; Fonseca y Santos, 2000). Finalmente, los animales deben estar libres de frustraciones, miedos y ansiedades (Nóbrega e Isidro, 2008). Se puede decir que los animales alcanzan su bienestar cuando encuentran un equilibrio en el entorno donde viven, pudiendo expresar su comportamiento natural y su potencial productivo.

## **2. Sistemas de evaluación del bienestar animal**

El bienestar animal no es una ciencia exacta, por lo que son muchos los sistemas de evaluación que existen. En primer lugar, hay que determinar cuáles son esos criterios que permiten discernir acerca del BA y, finalmente, obtener una serie de medidas (con diferente ponderación) que serán combinadas entre ellas para alcanzar una calificación final.

Una vez definidos los criterios de bienestar, el siguiente paso es la formación de los ganaderos en esta materia para que el BA sea entendido como un valor añadido del producto final (Molento, 2005). Es a partir de este momento cuando se pueden llevar a cabo evaluaciones de BA en campo, instaurando pautas de control en aquellos casos donde las valoraciones resulten adecuadas y medidas correctoras cuando la evaluación no haya sido óptima. A lo largo de los últimos años se han diseñado diferentes guías de buenas prácticas ganaderas para la formación en materia de bienestar animal, entre las que destacan las siguientes: *Teagasc code of practice for milk production on dairy farms*, *The standards of Assured Dairy Farms*, *Canadian Quality Milk on-farm food safety program*, *Guía para el bienestar animal en la producción lechera de la IDF (2008)*, *Guía de buenas prácticas de higiene, Vacuno de leche (2007)* y *Recomendaciones del Farm Animal Welfare Council*.

Para la valoración del BA podemos usar **medidas basadas en recursos**, que representan el ambiente del animal, o **medidas centradas en el animal**, las cuales describen el estado actual del animal (Rushen y col., 2011). Tradicionalmente los protocolos utilizados para evaluar el BA han estado fundamentados en los recursos (número de comederos, bebederos, cubículos, etc.) porque son más fáciles de auditar y consumen menos tiempo, pero algunos de estos estudios han mostrado dudas acerca de su efectividad para promover el bienestar de los animales (Main y col., 2003).

Las **medidas centradas en el animal**, sin embargo, han tomado preferencia sobre las **medidas basadas en los recursos** al estar más relacionadas con el estado actual de bienestar que presenta el animal (Whay y col., 2003; Webster y col., 2004; Blokhuis y col., 2010; Rushen y col., 2011), a pesar de que tienen el inconveniente de requerir más tiempo para evaluarlas (Mülleder y col., 2007; Knierim y Winckler, 2009; Blokhuis y col., 2010). *Animal Needs Index* (Bartussek y col., 2000) y *Bristol Welfare Assurance Programme* (Leeb y col., 2004) son algunos de los protocolos más populares para medir la BA basados en el animal.

Como se ha mencionado antes, la valoración de los recursos ha demostrado ser rápida y fácil de llevar a cabo en granja (Johnsen y col., 2001; Waiblinger y col., 2001), además de producir datos seguros (Bracke, 2007). Sin embargo, la validez de este tipo de medidas es cuestionable por el enfoque indirecto y la interacción con otros parámetros (Alban y col., 2001; Waiblinger y col., 2001). Por lo tanto, teniendo en cuenta que el bienestar se refiere al animal en sí mismo, más que a algo dado a éste (Broom, 1996), se considera que los indicadores relacionados con el animal tienen que ser tenidos en cuenta en los protocolos que se usen para las evaluaciones (Waiblinger y col., 2001; Whay y col., 2003).

Welfare Quality® (WQ) es un proyecto que se desarrolló y financió por la Unión Europea entre 2004 y 2009, en el que participaron 44 universidades e instituciones de investigación de 19 países. Este proyecto pretendía dotar a Europa de un sistema propio de evaluación de BA que permitiera la comparación de productos entre países y así, promover y apoyar las mejoras de bienestar.

Botreau y col. (2007) definen una lista de 12 subcriterios para evaluar el bienestar animal a través de la adaptación de las cinco libertades y de las medidas propuestas por Winckler y col. (2003), los cuales fueron aprobados por el comité consultor del Proyecto Europeo "Welfare Quality®". WQ se centra en las medidas basadas en el animal, pero tiene el inconveniente de que resulta caro llevar a cabo la auditoría, además de requerir también más tiempo para su

realización (Mülleder y col., 2007; Knierim y Winckler 2009; Blokhuis y col., 2010); no obstante, los indicadores que genera son válidos, fiables y factibles (Knierim y Winckler, 2009). En 2009, WQ describió que el tiempo necesario para la evaluación de una ganadería de 25-200 vacas es de 4.4-7.0 h. Una posible solución frente este problema sería el desarrollo de métodos automáticos para la evaluación del comportamiento, ya que es el parámetro más tedioso de medir mediante observación (Ito y col., 2009), aunque también podrían ser útiles para medir el resto de parámetros. Ante este hándicap, se propone hacer una primera evaluación teniendo en cuenta los datos informatizados en la ganadería (producción de leche, desecho y éxito reproductivo) (Sandgreen y col., 2009) y utilizarlos como una primera criba para la selección de aquellas ganaderías que pudiesen tener algún problema relacionado con el BA, optimizándose así el tiempo de valoración del BA.

### **3. Tipos de alojamiento empleados en Europa para vacas lecheras**

Sea cual sea el lugar donde se alojan las vacas, el objetivo debe ser el de proteger el bienestar de las mismas. Es importante, por tanto, evaluar los indicadores de bienestar en los distintos alojamientos.

Las vacas pueden permanecer atadas o en estabulación libre. En esta última sistemas de descanso entre los que destacan la cama caliente (Figura 2, izquierda), cama fría (Figura 2, derecha) o cubículos (Figura 3). En el sur de España, las ganaderías de bovino lechero utilizan exclusivamente el sistema de estabulación libre, donde las vacas están sueltas y disponen de un área de descanso, un pasillo de alimentación, un pasillo para permanecer de pie y poder caminar y una zona para el ordeño (Zappavigna y col., 2014).



*Figura 2. Estabulación libre: cama caliente (izquierda) y cama fría (derecha).*



*Figura 3. Estabulación libre: cubículos.*

Dentro de la estabulación libre encontramos el sistema de descanso denominado “cama caliente”, el cual fue muy utilizado hace años en Andalucía, y que emplea la paja de cereal como base principal para el descanso del animal, la cual sufre fermentación y subida de temperatura hasta más de 35 °C (de ahí el nombre que recibe este sistema). Además del incremento de la temperatura, se mantiene una alta humedad, lo que supone un caldo de cultivo perfecto para el crecimiento de microorganismos como *Enterococcus* spp., *Streptococcus uberis* y coliformes (*Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*), favoreciendo la aparición de mastitis, entre otras patologías. Para mantener la cama lo más fría posible sería necesario modificar el manejo mediante la suplementación a diario con paja (cama), pero en poca cantidad para evitar de esta manera la fermentación. Otra estrategia de manejo podría ser la adición de desinfectantes como el superfosfato de cal que, además, tiene un pH bajo y actúa como absorbente. A pesar de los cambios sugeridos en la rutina de manejo de la cama, muchas veces no se consigue reducir los efectos indeseados, por lo que se ha propuesto un nuevo sistema denominado “cama fría”. Una de las particularidades en el manejo de este sistema es que las camas se airean un par de veces al día para evitar fermentaciones y que la superficie quede fría y esponjosa. Esta aireación se realiza con cultivadores que pueden ser clásicos con forma de reja o rotativos que pueden ser tipo rotavator o bien gradas rotativas. En ocasiones, el ganadero se diseña y fabrica su propio sistema para airear las camas de los cubículos (Figura 4, izquierda) y conseguir una superficie mullida para el descanso óptimo de la vaca (Figura 4, derecha). La “cama fría” presenta grandes ventajas, como puede ser la reducción de costes asociados a su manejo y la disminución del número de infecciones intramamarias. La monitorización de la temperatura de la cama se utiliza para saber el estado de las mismas, debiendo mantenerse la “cama caliente” en torno a los 32°C, mientras que en “cama fría” alcanza alrededor de los 20°C.





*Figura 4. Arado que se usa para arar diariamente la cama de los cubículos (izqda). Aspecto de los cubículos una vez arados (dcha).*

A la hora de decidir el diseño más adecuado para el alojamiento de las vacas, resulta muy interesante analizar el comportamiento de las mismas, empleándose para ello los denominados etogramas. En este sentido, Grant (2004) determinó cuánto tiempo dedican las vacas a sus actividades a lo largo del día, documentando unas 5 a 5.5 h para comer, de 12 a 14 h para descansar (incluyendo 6 h de rumia), 4 h de rumia mientras están de pie y 30 min para beber. Es obvio que la actividad que predomina en las vacas lecheras es el descanso, por lo que es fundamental tener en cuenta el impacto que tiene el tipo de alojamiento sobre él, además de respetarse las cinco libertades necesarias para lograr el bienestar animal (Capdeville y Veisser, 2001). Los ganaderos hacen inversiones para la modernización de sus ganaderías con objeto de mejorar la productividad y son conscientes de la importancia que esto tiene sobre el bienestar de sus vacas. A menudo, los ganaderos preguntan acerca de qué tipo de alojamiento es el más adecuado para alcanzar una máxima eficacia productiva, sin olvidar el bienestar de sus animales; sin embargo, la respuesta no es fácil ya que existen muchos factores que influyen en esta decisión, por lo que este asunto ha sido analizado en la presente Tesis Doctoral.

Los sistemas de estabulación libre que predominan actualmente en el sur de España son los basados en cama fría (el área de descanso no está dividida para cada vaca de forma individual) y los cubículos (son espacios individuales separados para que cada vaca descanse). El sistema de cama fría se usa en ganaderías con bajo número de vacas, pero cuando la densidad aumenta se tiende a sustituirlo por cubículos. A la hora de decidir qué tipo de alojamiento puede ser más adecuado para cada ganadería será indispensable considerar la disponibilidad de espacio y la cuantía de la inversión a realizar.

**Los cubículos** fueron desarrollados en Washington (USA) en el año 1960 por Adolph Oien. Se observó que, en este tipo de alojamiento, se utilizaba menos cantidad de cama y el animal permanecía limpio, además de facilitar la separación de los animales en base a sus necesidades

(días en leche, número de partos, estado de salud, etc.) (Bickert y Light, 1982). Para el diseño de un cubículo, los parámetros más importantes a considerar son el espacio corporal, espacio de la cabeza y espacio de embestida (es el espacio requerido por una vaca para acostarse y levantarse), tanto frontal como lateral (Bickert y col., 2000) (Figura 5). Los cubículos consisten en particiones laterales que definen el área individual de cada vaca, un limitador de pecho (LIP) que define el área total de descanso, una barra limitadora de cuello (BLI) para evitar que los animales cuando se levantan se desplacen demasiado hacia adelante, y una base para que descansen (Figura 6). La LIP y el BLI delimitan el área cuando la vaca se acuesta y se levanta, respectivamente, para prevenir que las heces y la orina llenen la parte posterior del cubículo. La LIP y el BLI a veces se colocan demasiado adelantadas, provocando que las heces y la orina manchen el cubículo. Los cubículos cortos pueden resultar incómodos para el descanso de los animales (Bickert y col., 2000).

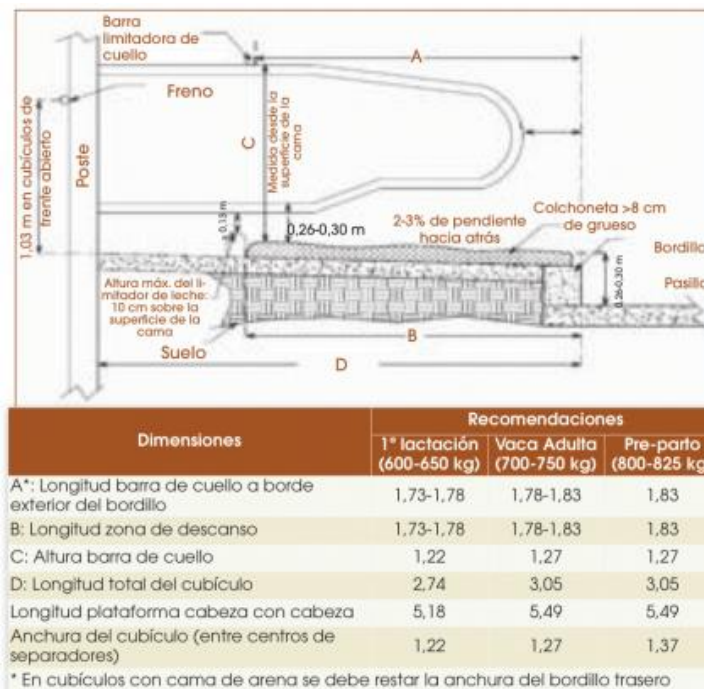


Figura 5. Dimensiones recomendadas para los cubículos. Fuente: [www.ganaderiasos.com](http://www.ganaderiasos.com).



Figura 6. Elementos del cubículo. Fuente: [www.ganaderiasos.com](http://www.ganaderiasos.com).

Entre los diferentes materiales empleados como cama nos encontramos con serrín, paja, estiércol seco, cáscara de arroz, cáscara de girasol, arena o tallos de maíz, entre otros (Hogan y col., 1989b; Bickert y col., 2000; NYSCHAP, 2002). Bickert y col. (2000) sugirieron que lo más correcto en el mantenimiento de cama en los cubículos es eliminar la parte húmeda junto con las heces y añadir una o dos veces por semana cama nueva. Igualmente, observaron que mantener los pasillos limpios influía de manera significativa sobre la limpieza de los animales, por lo que recomendaron su limpieza al menos dos veces al día. La higiene en general depende en gran medida del diseño de la nave, las dimensiones del alojamiento, el manejo y el material de cama utilizado. Por otro lado, la suciedad de la ubre ha sido asociada con el tipo de cama, mientras que la suciedad de patas se relacionó con la frecuencia de paso de las arrobaderas y con el manejo del estiércol (Schreiner y Ruegg, 2003).

**Compost bedded pack barns (CBPB) o sistema de “cama fría”** se ha convertido en un sistema de alojamiento de interés global. En este sistema tiene lugar la adición de compost, acompañado por el arado o volteo regular de la cama (Kammel, 2004). El compost podría reducir el recuento de células somáticas en los animales allí alojados, además de mejorar la salud podal, detección de celo y el índice de preñez (Kammel, 2004; Janni y col., 2006). Adicionalmente, la capacidad para almacenar el estiércol miento lo convierte en un sistema de alojamiento muy atractivo (Petzen y col., 2009), ya que permite al ganadero reducir las inversiones en instalaciones para el manejo del estiércol. El compostaje permite manejar las heces y la orina como un sólido (Janni y col., 2006) y los patios pueden almacenar el estiércol durante 6-12 meses antes de que sea necesario limpiarlos. Entre la mitad y dos tercios de la porción sólida es comúnmente usada para aplicación directa en campo, eliminándose en primavera. Esto permite el restablecimiento del patio antes del comienzo del invierno (Janni y col., 2006). En el pasillo de alimentación se recoge

entre el 25-30% de estiércol y orina producidos, y este residuo debe ser manejado correctamente y almacenado en una fosa de purines (Janni y col., 2006; Barberg y col., 2007a). El residuo recogido en el pasillo de alimentación no debe ser esparcido de nuevo en la nave, ya que esto puede provocar áreas con excesiva humedad y con demasiada cantidad de estiércol. Además, la presencia del tractor que esparce el estiércol podría provocar una compactación inadecuada de la cama, dando lugar a una inadecuada aireación y, por tanto, alterando el compost que se está formando (Janni y col., 2006).

Existen otros sistemas de alojamiento denominados en inglés “**Bedded pack barns (BPB)**” o “**straw yards**”, lo cuales fueron reconocidos a mediados de los años 50 como alojamiento de movimiento libre (Bickert y Light, 1982; Kammel, 2004). Este tipo de alojamiento consiste en grandes áreas de descanso que van desde 5.6 a 9.3 m<sup>2</sup> por animal (Bickert and Light, 1982; Thurgood y col., 2009) y necesitan de un manejo intensivo, requiriendo gran cantidad de material de cama para ser efectivas (Bickert and Light, 1982; Thurgood y col., 2009; Benson, 2012). Sea cual sea el sistema de alojamiento, es necesario disponer de una buena ventilación para garantizar la salud de las vacas, secar la cama y reducir el olor a amoníaco dentro de la nave (Kammel, 2004; Benson, 2012). De ahí que el correcto diseño de las instalaciones resulte también indispensable para el bienestar animal y la eficiencia productiva de los animales. Uno de los puntos a considerar cuando comparamos sistemas de alojamiento es la mayor inversión que requiere la instalación de cubículos (Kammel, 2004). En el lado opuesto encontramos que un sistema de alojamiento sin cubículos requiere de aproximadamente 1.549 kg de cama por animal, aumentando los costes anuales (Benson, 2012). Thurgood y col. (2009) sugirieron que el alto requerimiento de cama y el coste de esta no suponen beneficio alguno de este sistema frente a los cubículos.

Tanto los alojamientos con cubículos como aquellos de cama fría dependen del manejo de la cama para funcionar correctamente. Cuando éste se realiza de acuerdo con las recomendaciones, los sistemas de cama fría reducen la incidencia de cojeras y de células somáticas, mantienen la limpieza de las vacas e incrementan la producción de leche en comparación con los cubículos (Barberg y col., 2007b; Lobeck y col., 2011; Black y col., 2014). Del mismo modo, en los cubículos con hacinamiento limitado, dimensiones correctas y con cama adecuada se observa también una disminución de las cojeras con una mejora en la salud del corvejón, se mantienen bajas las células somáticas y se describe una mayor limpieza de los animales, además de un incremento en la producción de leche (Vokey y col., 2001; Fulwider y

col., 2007; Lobeck y col., 2011), lo que sugiere que cualquier sistema de alojamiento ofrece resultados satisfactorios siempre que sea manejado de forma adecuada.

#### **4. Influencia del estrés en el bienestar animal.**

El estrés es la respuesta biológica que un individuo desencadena cuando percibe una amenaza en su homeostasis, pudiendo llegar a reducir la capacidad para expresar el potencial productivo contenido en sus genes. La respuesta al estrés, pese a ser altamente adaptativa, puede llegar a ser dañina. Hay que tener en cuenta que todos los estados de estrés no son negativos (eustress), salvo cuando llegan a ser de una intensidad mayor, persistente y no controlable, en cuyo caso pueden generar respuestas adaptativas deficientes (distress), dando lugar a daño e incluso a determinadas patologías (Selye, 1976).

La respuesta al estrés incluye cambios fisiológicos (que afectan a la eficiencia de la producción y reproducción), neurofisiológicos y etológicos (Callejo, 2009). El conjunto de cambios fisiológicos y etológicos que se producen en un animal como adaptación al medio puede diferir notablemente de una especie a otra, entre individuos y entre agentes estresores (Cook, 1996, 1998a). Actualmente, existen evidencias suficientes que demuestran que las consecuencias negativas que un estímulo adverso tiene para el animal, no dependen de la naturaleza física de dicho estímulo, sino más bien de la medida en que el animal puede prevenirlo y controlarlo. Por consiguiente, se ha sugerido que el término “estrés” debería usarse sólo en aquellas situaciones en las que el escenario al que se enfrenta el animal excede la capacidad de regulación del organismo, especialmente cuando dicha situación implica un cierto grado de imprevisibilidad y falta de control.

Cuando el equilibrio con el medio se ve alterado aparece la situación de estrés, que cuando es severo puede llegar a provocar problemas en la reproducción (Moberg, 1991; Rivest y Rivier, 1995), en el crecimiento y desarrollo (Moberg, 1985; Stratakis y col., 1995) o en el sistema inmunitario (Peterson y col., 1991; Sheridan y col., 1998). Estos efectos nocivos han hecho que la sociedad se conciente del efecto negativo que se puede ejercer sobre el bienestar animal y, por lo tanto, sobre la productividad y la economía de la ganadería.

La alteración de la homeostasis en el animal desencadena una cascada de respuestas fisiológicas rápidas a través del eje simpático-medular de forma que, como consecuencia de la situación estresante, se activan las neuronas del núcleo paraventricular del hipotálamo y del

tronco cerebral que liberan adrenalina y noradrenalina, intensificando las funciones adaptativas de lucha o huida, entre otras (Guyton y Hall, 2016).

La primera descripción de la respuesta al estrés la realizó Selye (1936) y la denominó Síndrome General de Adaptación (SGA). Esto se definía como una reacción constituida por la activación del eje hipotálamo-adenohipófisis-adrenal (HAA) y del sistema nervioso simpático tras un estímulo estresante que constaba de tres fases:

- **Fase de alarma:** En esta primera etapa la médula adrenal genera adrenalina y la corteza adrenal glucocorticoides con el fin de restablecer la homeostasis. Es la primera reacción del organismo frente a una exposición repentina a agentes estresores, para los que no está adaptado.
- **Fase de resistencia:** Los sistemas de defensa y adaptación frente al estímulo estresante son óptimos y sostenidos. Se caracteriza por un aumento de la resistencia al estímulo estresante que ha causado la respuesta y una menor resistencia a otros estímulos.
- **Fase de agotamiento:** Cuando el estímulo persiste se alcanza esta fase en la que la respuesta adaptativa cesa y, como consecuencia, aparecen síntomas característicos de la fase de alarma, lo que puede desembocar en enfermedad e incluso en la muerte del individuo.

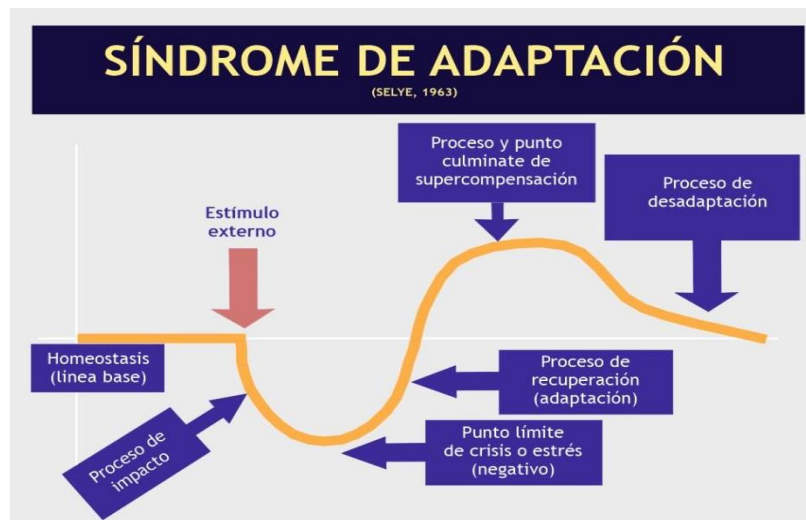


Figura 7. Síndrome de adaptación (Selye, 1936).

Los agentes estresores pueden dividirse en físicos, sociales (resultantes de las interacciones con los individuos de la misma especie) y de manejo. Los agentes estresores tienen un efecto aditivo, lo que significa que cuando varios inciden sobre el animal al mismo tiempo, la respuesta

de estrés resultante será mayor que si el animal fuese expuesto a uno solamente. Para la mayoría de los agentes estresores, el coste biológico es insignificante ya que son de corta duración. Durante el estrés prolongado o cuando el estrés es severo, el coste biológico se vuelve significativo y el animal entra en el nuevo estadio de estrés: pre-patológico y patológico. El primero ocurre cuando la respuesta al estrés altera la función biológica de tal manera que pone al animal en riesgo de desarrollar patologías (enfermedad infecciosa). El cambio en la función biológica que ocurre durante el estrés podría dar lugar a la supresión del sistema inmune y desencadenar en la fase patológica. La respuesta biológica más económica es un cambio de comportamiento como, por ejemplo, salir huyendo. Se sabe que el motivo de que cada animal responda con una de las cuatro respuestas (comportamiento, sistema nervioso autónomo, neuroendocrina e inmune) está condicionado por diversos factores como son la experiencia temprana (Mason y col., 1991), la genética (Marple y col., 1972), la edad (Blecha y Minocha, 1983), las relaciones sociales (Henry, 1992) o la interacción humano-animal (Hemsworth y col., 1981).

El efecto total de la respuesta adaptativa del animal al estrés es una integración de múltiples respuestas hormonales que inhiben las funciones no esenciales (crecimiento y reproducción), en favor del mantenimiento de la homeostasis y la supervivencia. La respuesta al estrés comienza en la corteza sensorial del cerebro que capta los estímulos estresantes percibidos a través de los sistemas sensoriales específicos. Desde aquí, la información alcanza varias regiones del cerebro donde será procesada, poniéndose en funcionamiento el eje HAA que se encarga del incremento de la producción y liberación de glucocorticoides (Pacak y Palkovits, 2001). Cuando las neuronas hipotálamicas se activan, secretan la hormona liberadora de corticotropina (CRH) que alcanza la región anterior de la hipófisis, también llamada adenohipófisis o pituitaria (Rock y col., 1984; Dunn y col., 1990), donde regula la expresión para sintetizar la hormona adrenocorticotropa (ACTH) (Lightman y Young, 1988). La ACTH es transportada vía sanguínea hasta alcanzar las glándulas adrenales, donde actúa sobre zonas de la corteza adrenal para sintetizar glucocorticoides (GC) y secretarlos a la circulación sistémica (Axelrod y Reisine, 1984). Los niveles elevados de GC mantenidos pueden ser perjudiciales, por lo que es importante controlar su liberación. El eje HAA se autorregula mediante retroalimentación negativa, de forma que los niveles elevados de GC inhiben la secreción de CRH y ACTH en el hipotálamo y la adenohipófisis, respectivamente.

El estrés puede comprometer el sistema inmunitario en todas las especies provocando enfermedades. En concreto, en el caso de las vacas, puede dar lugar a patologías que afectan a

la producción y reproducción, que se traducen en pérdidas económicas para el ganadero (Liang, 2013). Cuando la respuesta de estrés implica la liberación de GC y catecolaminas, la respuesta inmune celular resulta inhibida. Aunque no se conoce el mecanismo preciso que explica este efecto, se ha sugerido que la función de las células NKC (“natural killer cells”) podría verse afectada por el estrés y esto, a su vez, podría conducir a un aumento de la susceptibilidad de la glándula mamaria a agentes infecciosos. La respuesta de estrés incluye otros efectos como, por ejemplo, la disminución de la ingesta de alimento y de la rumia, con la consecuente reducción de la digestibilidad de los alimentos y del rendimiento productivo, aumentando también el riesgo de acidosis ruminal. Es probable, sin embargo, que el efecto inhibitor del estrés sobre el apetito sea consecuencia de una compleja interacción entre los GC, la leptina y la CRH. Con respecto a las consecuencias que tiene el estrés sobre la reproducción, cabe citar el estudio de Schefers y col. (2010) en el que, tras examinar datos de numerosas ganaderías lecheras, describe que la densidad de animales tiene un efecto estresante sobre el rebaño y puede ser un indicador significativo para predecir la tasa de concepción, de manera que por cada 1% de aumento de la densidad, la tasa de concepción decreció un 0,1%.

Por todo lo anteriormente expuesto, la presencia o ausencia de estrés se considera un indicador potencial de bienestar animal (Aguilar y Arias, 2003). Es indudable que hay que brindar al ganado un adecuado estado de confort, incluyendo desde una dieta equilibrada hasta comodidad en las instalaciones, ya que el bienestar está íntimamente relacionado con la eficiencia productiva y reproductiva del ganado lechero (Córdova y Sánchez, 2010).

##### **5. Desmochado-descornado como punto clave en el bienestar de la recría.**

El desarrollo de la cornamenta en el ganado bovino obedece a un proceso evolutivo para su defensa frente a los depredadores, pero también para mantener la jerarquía dentro del rebaño, siendo en los machos un carácter sexual secundario (Kupczyński y col., 2014). La mayoría de las vacas lecheras y de vacas de aptitud cárnica aún los mantienen (Stafford y Mellor, 2011), aunque existe interés por evitarlos. Hay que resaltar que los animales sin cuernos ocupan menos espacio en el comedero y son más fáciles de manejar y de transportar (Faulkner y Weary, 2000; Prayaga, 2007), además de que la presencia de vacas con cuernos en las ganaderías puede dar lugar a lesiones ocasionadas por interacciones agresivas entre los animales (NFACC, 2009; AVMA, 2010). La ubre también puede ser golpeada cuando los animales tienen cuernos, dando lugar a presencia de sangre en la leche y dolor intenso, ocasionando pérdidas productivas, así como mayor gasto en medicación para conseguir que la glándula mamaria vuelva a estar sana (Knierim y col., 2009). Durante el transporte también se describen importantes lesiones



causadas por los cuernos en las canales, que en algunos casos serán decomisadas por presencia de hematomas, con la consecuente disminución de su calidad (Sylvester y col., 2004; SANCO, 2009). Todas estas razones justifican la realización del desmochado-descornado en el ganado vacuno, pero siempre bajo una metodología adecuada que reduzca el dolor provocado durante y después del procedimiento.

Los terneros al nacimiento carecen de cuernos, siendo fundamental conocer cómo se desarrollan los mismos a fin de entender cuáles son los momentos idóneos para proceder a su eliminación. Alrededor de las 2 semanas de vida se forma el denominado "botón epitelial" que se endurece en torno a las 4 semanas y pasa a denominarse "botón cornual". A partir de las 8 semanas comienza a adherirse al hueso frontal y en torno a los 24-32 semanas es cuando el núcleo del cuerno se abre directamente a los senos frontales (Budras y Habel, 2003). Teniendo en cuenta los períodos de tiempo mencionados, debemos diferenciar entre desmochado y descornado, siendo el primero realizado antes de las 8 semanas de edad y el segundo entre las 8-24 semanas. A partir de las 24 semanas el proceso de retirada de los cuernos se denomina amputación. Lo correcto, por tanto, es desmochar, no descornar, porque es menos doloroso y traumático, siendo la recuperación posterior mucho más rápida que si realizamos el descornado, donde las adherencias existentes con el periostio provocan más lesiones. Sin embargo, es necesario puntualizar que, en parte de la literatura consultada, el término "descornado" se suele usar indistintamente para hacer referencia al desmochado y al descornado propiamente dicho (Irrgang, 2012).

El desmochado es una técnica rutinaria que se utiliza en animales de aptitud láctea entre las primeras 4-6 semanas de vida, realizándose en un 81% de terneras en Europa (Cozzi y col., 2015). En las ganaderías con sistema de estabulación libre, el porcentaje de vacas sin cuernos es más elevado (67%) que en aquellos en los que los animales permanecen atados (17.1%) (Cozzi y col., 2015). La legislación referente al desmochado-descornado presenta diferencias entre países, como se pone de manifiesto a continuación:

- Suecia: el desmochado sin anestesia local (ANL) y sedación (SED) fue prohibido por la ley de los Derechos Animales en 1992 (Bengtsson y col., 1996).
- Dinamarca: los animales pueden ser desmochados sin ANL hasta las 4 semanas de edad (Grondahl-Nielsen y col., 1999).
- Reino Unido: el desmochado usando pasta cáustica está permitido si el ternero tiene menos de 1 semana de edad; sin embargo, el Acta de Protección de Animales

1954/1964 requiere que la ANL sea usada si la cauterización o amputación es llevada a cabo (Kent, 1999).

- Australia: se recomienda que el descornado sin ANL sea limitado a animales menores de 6 meses (Anon, 1992).
- Canadá: se aconseja que la ANL se utilice, aunque en el Norte de América es común no utilizarla (Faulkner y Weary, 2000).

En la UE, la práctica del desmochado está regulada por la Directiva 98/58/CE (1998), en la que se especifica que los animales no deben experimentar dolor innecesario, sufrimiento o lesiones. Lo ideal, según el Código de Recomendaciones Europeas (2003), es realizar preferentemente el desmochado por cauterización en terneras de 4-8 semanas de edad y aplicando un tratamiento combinado de ANL y analgesia mediante la administración de antiinflamatorios no esteroideos (AINEs). Los procedimientos más comúnmente utilizados para realizar el desmochado son el desmochado químico (DQ) o el desmochado por cauterización (DCT), y tan sólo entre un 21.5-32.2% de casos se aplica algún tipo de medicación para el control del dolor (Cozzi y col., 2015).

Para el **DQ** se aplica una pasta que provoca una quemadura química en el tejido subyacente. Los principios activos más habituales son el hidróxido de sodio o hidróxido de calcio (álcalis), que provocan necrosis licuefactiva con saponificación de grasas y desnaturalización de proteínas, permitiendo una penetración profunda de la sustancia química. Con la quemadura química, el daño tisular continúa aumentando mientras que el principio activo está en contacto con el tejido (Yano y col., 1993) y los álcalis (hidróxido de sodio e hidróxido de calcio) tienden a penetrar más, causando quemaduras más agresivas que los ácidos (Hettiaratchy y Dziewulski, 2004). El dolor provocado por los álcalis en los humanos se describe como “dolor por picazón” o “dolor marcado” (Ma y col., 2007), que suele ser de tipo crónico y severo (Kumbhat y col., 2004). Algunos estudios (Stilwell y col., 2008) han demostrado que ANL junto con AINEs no consigue controlar el dolor después del desmochado con pasta cáustica, incluso si se administra de manera preventiva 1h antes del procedimiento.

Cuando se realiza el **DCT**, el objetivo es destruir el anillo de la piel mediante quemadura de 3º grado en ese punto, que llegará a ser de 1º-2º grado en los tejidos de alrededor. Los descornadores homologados ofrecen mayor seguridad durante su utilización, ya que permiten controlar el tiempo de aplicación (aproximadamente 7 segundos) a temperaturas que rondan

los 600<sup>o</sup>-700<sup>o</sup>C. En cambio, el uso de pasta cáustica no permite controlar el momento en el que finaliza, ya que la sustancia sigue ejerciendo su acción con posterioridad.

Si bien es cierto que el desmochado está justificado por razones de manejo e incluso por razones de bienestar, se trata de una práctica indudablemente dolorosa y, tras el mismo, se producen cambios comportamentales, fisiológicos y neuroendocrinos asociados a una respuesta dolorosa en el individuo (Stock y col., 2013). Se describe un distrés agudo, acompañado por una reacción inflamatoria asociada al daño, de modo que el dolor agudo se produce en los 30 min. siguientes al desmochado, mientras que en las siguientes 8 h. se identifica dolor asociado a la inflamación producida.

El dolor agudo que se genera como consecuencia del desmochado y del daño tisular infligido, genera una elevación de los niveles plasmáticos de cortisol, no siendo directamente indicativo de dolor (Weary y col., 2006). En las 7-9 h. siguientes, el cortisol desciende a valores de meseta y, antes de volver a sus niveles basales, las fluctuaciones indican la presencia de una respuesta inflamatoria en la zona afectada (Stafford y Mellor, 2005). Durante el desmochado se producen distintos comportamientos de huida en los terneros, siendo indicativos de dolor severo cuando los animales sacuden la cabeza, empujan, se mueven y se caen (Grondahl-Nielsen y col., 1999). La evaluación comportamental tras el desmochado revela sacudidas y frotamientos de la cabeza, movimientos de orejas, tumbarse-levantarse, acicalamiento y vocalizaciones, en otras conductas (Morisse y col., 1995; Grondahl-Nielsen y col., 1999; Faulkner y Weary, 2000; Vickers y col., 2005; Stiwell y col., 2009).

Con el objetivo de reducir el distrés agudo y la presencia de patrones comportamentales no deseados (ya que son indicativos de dolor), se puede emplear la ANL para reducir el dolor agudo inicial (Petrie y col., 1996; Sylvester y col., 1998; Graf y Senn, 1999; Mcmeekan y col., 1999; Milligan y col., 2004; Doherty y col., 2007; Stilwell y col., 2009) y mitigar la respuesta comportamental (Sylvester y col., 2004). Una vez pasado el efecto de la ANL, hay otro aumento de cortisol probablemente por la recuperación de la sensibilidad en el área. Hay autores que manifiestan que el dolor posdesmochado puede prolongarse hasta las 72 h. (Faulkner y Weary, 2000; Stafford y Mellor, 2011), por lo que se hace necesaria la aplicación de un AINE de acción prolongada. El único estudio donde se documenta el comportamiento a las 3 h. tras el procedimiento es en el desarrollado por Mintline y col. (2013).

El desmochado es un procedimiento que, realizado sin analgesia, provoca dolor en el ganado vacuno (Barrett, 2004). El desconocimiento de la fisiología del dolor por parte de los ganaderos

influye en que no sea frecuente el uso de analgésicos en este procedimiento (Meintjes, 2012; Kling-Eveilled y col., 2015). Desde el punto de vista del BA, hay que ser muy rigurosos durante el desmochado con la técnica que se utilice y con el manejo del dolor. **AINES** tales como **ketoprofeno, meloxicam y flunixin meglumine** han sido estudiados por el rol que ejercen en la atenuación de la respuesta al cortisol, tanto solos como en combinación con otros anestésicos locales. Se ha comprobado que cuando se administra un ANL y un AINE previo al desmochado, se elimina la respuesta del dolor agudo; sin embargo, el efecto de la inflamación crónica y el dolor posterior ha sido escasamente estudiado (Stock y col., 2013). La acción farmacológica del AINE junto con la ANL tiene ventajas en lo que a BA se refiere, pero no elimina totalmente los cambios comportamentales tras el desmochado (Herskin y Nielsen, 2018; Winder y col., 2018). Los **sedantes** tales como los  **$\alpha_2$  agonistas, opioides y N-metil-D-aspartato** han sido investigados para determinar el efecto potencial sobre los biomarcadores de dolor tras el descornado, observándose que reducen la respuesta aguda del cortisol, pero no hay evidencia de que la analgesia sea mantenida tras este período (Grondahl-Nielsen y col., 1999; Stafford y col., 2003; Stilwell y col., 2010).

Los cambios neuroendocrinos producidos tras el descornado han sido valorados por muchos investigadores mediante la evaluación de la nocicepción, niveles de sustancia P (Coetzee y col., 2012), actividad electrodérmica (Balbridge y col., 2011), termografía infrarrojos (Stewart y col., 2005), electroencefalografía (Gibson y col., 2007) y variabilidad del ritmo cardíaco (Stewart y col., 2008).

## **6. Ganadería de precisión como herramienta para optimizar el bienestar animal.**

La FAO predice que la población mundial alcanzará los 9,7 billones de personas en 2050 y, por tanto, la producción de alimentos deberá incrementarse en un 70% en esa fecha. Ante la elevada demanda de alimentos que requerirá el planeta, los productores agropecuarios se han visto en la necesidad de implementar nuevas tecnologías en sus ganaderías para, de esta manera, obtener más información y hacerla rentable, además de eficiente. De este modo surge el concepto de ganadería de precisión, que Berckmans (2008) definió como el proceso que agrupa la medición de variables, la selección de datos para obtener información y el uso del modelo en tiempo real para monitorizar y controlar los animales.

La tecnología relacionada con la ganadería es un área emergente (Rutten y col., 2013). Según Callejo (2015), la ganadería de precisión (smart farming) es “una metodología de manejo y de

*gestión que utiliza sensores y tecnologías de la información para monitorizar y optimizar la contribución de cada animal a la producción, la salud, el impacto ambiental, el gasto energético y el bienestar en tiempo real, de forma automática y continua*". Esta metodología nos da información a tiempo real de parámetros fisiológicos y de comportamiento de los animales, lo que favorece la toma de decisiones de forma inmediata. Sin embargo, la gran cantidad de información generada por los diferentes sensores dificulta la selección aquellos datos sobre los que apoyarnos a la hora de tomar decisiones (Schewe y Stuart, 2015).

Los beneficios que se derivan del uso de la ganadería de precisión son la mejora del bienestar, el incremento la eficiencia y la mejora del estilo de vida de la sociedad. En un principio, su desarrollo fue lento debido a la falta de familiarización con los diferentes dispositivos existentes, el exceso de información y la falta de conocimiento para gestionarla (Russel y Bewley, 2013). La monitorización de las granjas mediante sensores para evaluar el BA permite obtener datos de forma rápida y exacta (Maertens y Van Nuffel, 2009), mientras que su evaluación mediante procedimientos tradicionales requiere mucho tiempo, mayor experiencia del evaluador y puede verse afectada por factores estacionales o climáticos (Buckner y col., 1998).

A pesar de que la tecnología aplicada en las granjas está en constante evolución, a continuación se describen algunos de los sensores disponibles para la ganadería en el mercado:

- Podómetros que miden la actividad física. Pueden ser colocados en diferentes localizaciones del animal como oreja, cuello, cabeza o patas (Figura 8). Algunos de estos dispositivos también ofrecen información sobre comportamiento alimentario (comer, rumiar, beber) al emplear complejos algoritmos.

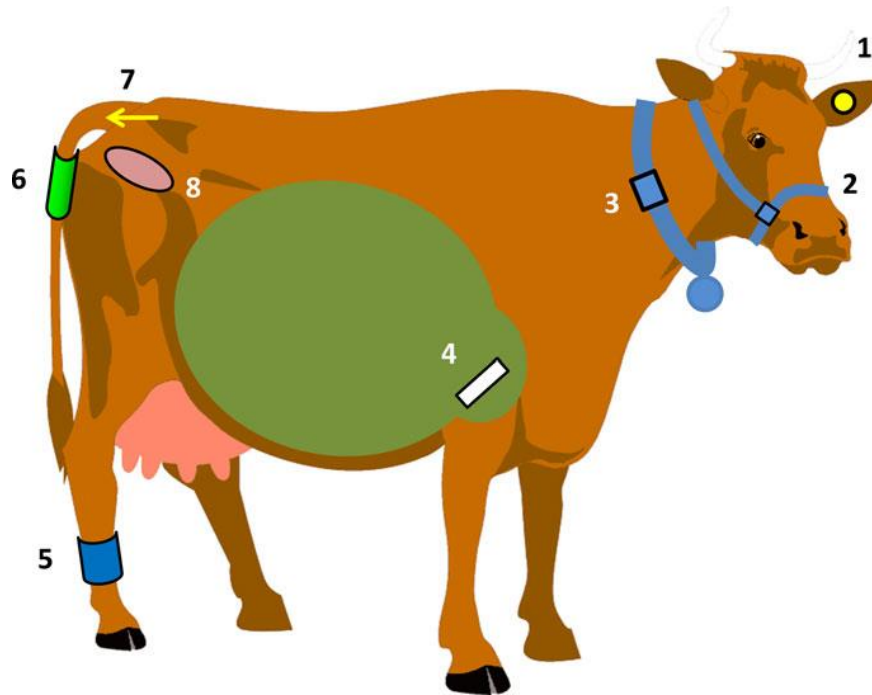
- Dispositivos que almacenan datos acerca del apareamiento, en el caso de que la monta sea natural. Este dispositivo se inserta en la base de la cola de la vaca y es leído por un dispositivo colocado en el toro (Figura 8).

- Acelerómetros permiten conocer la localización del animal (o del dispositivo) en el eje X/Y/Z, de manera que podremos conocer su ubicación espacial. Estos dispositivos se han empleado también para detectar el inicio del parto en vacas cuando son colocados en el maslo de la cola, ya que experimentan movimientos específicos que alertan del inicio del parto (Figura 8).

- Termómetros (Figura 8) que pueden colocarse a nivel del rumen, retículo o vagina, entre otras localizaciones. Los dos primeros (en rumen o retículo) permiten obtener información relativa a temperatura, pH y presión, aportando así información sobre la incidencia de acidosis

subclínica ruminal o sobre el comportamiento alimentario. La detección del parto ha sido monitorizada mediante dispositivos intravaginales (Figura 8).

El tamaño de los rebaños está aumentando paulatinamente en Europa, por lo que el número de vacas por trabajador es cada vez más alto, lo que implica un menor tiempo disponible para la observación de cada vaca de manera individual (Raussi, 2003). Por ello, se recomienda la monitorización basada en sensores, ya que ayudaría a la adquisición precisa de información y podría mejorar la salud y el bienestar del ganado (Miedema, 2009).



*Figura 8. Localización de dispositivos en una vaca: (1) dispositivo en la oreja, (2) dispositivo en cabezada, (3) dispositivo en el cuello, (4) bolo retículo-ruminal, (5) podómetro, (6) dispositivo en la parte superior de la cola, (7) dispositivo implantado en la base de la cola y (8) bolo vaginal (Caja y col., 2016).*

La ganadería está avanzando constantemente con el fin de obtener productos de alta calidad, respetar la normativa de BA y conseguir un precio competitivo. Esto conlleva que los márgenes económicos de los ganaderos estén permanentemente en revisión. Por ello, el que una ganadería se convierta en “granja inteligente” facilita la vida del ganadero, incrementa los productos obtenidos por ella y, desde el punto de vista económico, garantiza un mayor margen para el sector. Para conseguir un manejo adecuado de la ganadería es indispensable que, tanto el ganadero como el veterinario, analicen la información recopilada de forma automática para tomar las decisiones adecuadas, reduciendo la presentación de ciertas patologías que influirían negativamente en el rendimiento económico de la ganadería.

Las nuevas tecnologías contribuyen a que los ganaderos transformen su forma de trabajar con los animales, ya sea de forma directa modificando las interacciones (visuales, sonoras y táctiles) o las prácticas de monitorización, o de forma indirecta proporcionando nueva información sobre sus animales. La experiencia de los ganaderos con respecto al comportamiento de sus animales y el rendimiento puede afectar a la forma en cómo se utiliza la tecnología (Hemsworth, 2003). Sin embargo, se deben evitar interacciones negativas entre el ganadero y la tecnología que favorezcan un distanciamiento entre ambos (Lagneaux y Servais, 2014).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

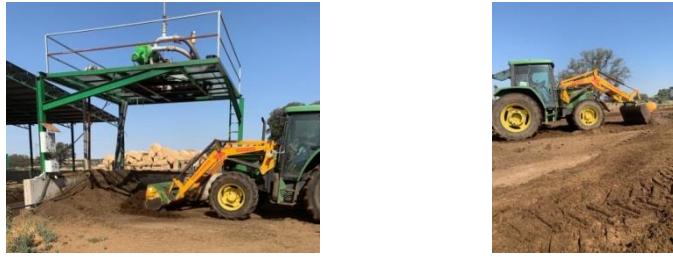




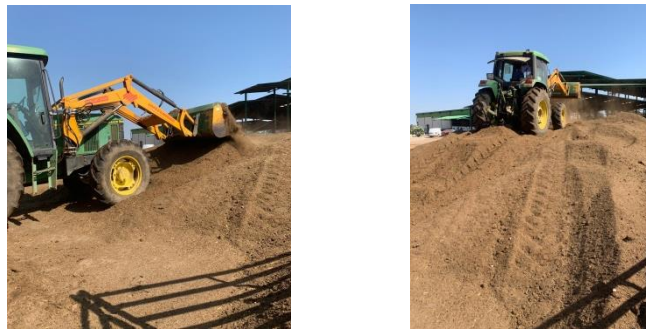
## **1. Animales y manejo**

En la presente Tesis Doctoral, para llevar a cabo **la evaluación del bienestar animal en vacas lecheras del sur de España (norte de Córdoba) y su efecto en parámetros reproductivos**, se realizó un primer estudio para el que se seleccionaron un total de 20 ganaderías de vacuno lechero de raza frisona de alto valor genético localizadas en el Valle de los Pedroches (Córdoba, España). El número total de animales evaluados fue de 1650 (con un mínimo de 33 animales por ganadería y hasta un máximo de 189). En todas las ganaderías, las vacas eran ordeñadas dos veces al día y se alimentaban con una ración unifeed diaria (de acuerdo con los requerimientos establecidos por el NRC), teniendo agua disponible *ad libitum*.

**El segundo estudio, en el que se comparó el bienestar de animales alojados en diferentes sistemas de alojamiento (cubículos vs cama fría)**, contó con un total de 1597 vacas frisonas procedentes de 19 ganaderías localizadas en el Valle de los Pedroches (Córdoba, España) que utilizaban sistemas de cama fría (CF, n=7) y cubículos (C, n=12). El área total de descanso en los alojamientos que empleaban cama fría tenía unas dimensiones de entre 4.6 m<sup>2</sup> - 13.1 m<sup>2</sup> por vaca, mientras que las dimensiones de los cubículos eran de 1.9 - 2.5 m<sup>2</sup> por vaca (lo que supone una anchura de 1.15-1.25m y una longitud de 1.7-2.0 m desde bordillo trasero hasta limitador de pecho). El número de cubículos por vaca se situó entre 0.7-1.5, con un valor medio de 1.1. En todos los casos, las vacas fueron ordeñadas dos veces al día y alimentadas con una ración unifeed diaria (según NRC) y agua *ad libitum*. El material empleado para las camas en todas las ganaderías fue estiércol seco (Figura 9, Figura 10), que era arado 2 veces al día con un cultivador para secar la cama y hacerla más confortable para las vacas. En cama fría, el material era reemplazado completamente 2 veces al año. En cubículos, el estiércol seco era añadido aproximadamente cada 12 días, aunque este período variaba entre 7-21 días dependiendo de las condiciones ambientales. Al analizar el manejo reproductivo de las ganaderías estudiadas, se describió el uso de protocolos de sincronización de estro en el 57% de las ganaderías con cama fría y en el 50% de las ganaderías con cubículos. Por otra parte, sólo 14% de ganaderías con cama fría tenían sistemas automáticos de detección de celo, mientras que este porcentaje aumentó hasta el 42% en el caso de cubículos.



*Figura 9: Manejo del estiércol para su uso posterior. Izquierda: recogiendo fracción sólida. Derecha: extendiendo fracción sólida para que se seque.*



*Figura 10: Amontonando el estiércol para su uso posterior.*

Los animales localizados en las ganaderías estudiadas no disponían de acceso a pasto. El clima en el Valle de los Pedroches es de tipo mediterráneo con fuertes rasgos de continentalidad, por lo que los animales estaban expuestos a dos estaciones bien diferenciadas, una fría y moderadamente lluviosa y otra seca y calurosa. Las precipitaciones se distribuían irregularmente a lo largo del año, siendo máximas entre el otoño-invierno, con un promedio anual de 500-700 mm en la región.

**En relación con el bienestar animal en terneras y para estimar la importancia del dolor en el desmochado y descornado de las mismas se llevaron a cabo un tercer y cuarto estudio. En el tercero se evaluó el comportamiento de los individuos tras el descornado utilizando flunixin meglumine como AINE pour-on (FMP), previo a la realización del procedimiento.** Para ello, se seleccionaron un total de 29 terneras de la raza frisona pertenecientes a dos ganaderías situadas en la localidad de Dos Torres (Córdoba, España), con una edad media de 5.5 meses (mín=2.10 meses; máx= 10.53 meses). Los animales estaban alojados en boxes colectivos, con cama a base de paja y eran alimentados desde los 2 a los 6 meses con una ración en base a silo de maíz, heno de avena, raigrás, alfalfa, harina de maíz, copos de maíz, soja al 47%, colza, cascarilla de soja, semilla de algodón, urea, grasa by-pass, carbonato cálcico, fosfato bicálcico, sal, bicarbonato sódico, óxido de magnesio y azúcares. La composición nutricional era de 17.17% de proteína bruta, 16.57 % de fibra bruta, 4.12 de grasa bruta, 8.18% de cenizas y 0.61% de sodio. Desde los

6 meses y hasta el parto, la ración fue en base a silo de maíz, heno de avena, paja, soja al 47%, girasol al 28%, corrector y azúcares. La composición nutricional era de 16.18% de proteína bruta, 25.88% fibra bruta, 2.58% de grasa bruta, 8.38% de cenizas y 0.20 % de sodio. En todas las fases anteriormente mencionadas, los animales disponían de agua *ad libitum*.

El **cuarto estudio** valoró la **eficacia de la sedación (SED), anestesia local (ANL) y/o AINE (FMP) previo al desmochado sobre comportamiento y parámetros bioquímicos**. Para ello se seleccionaron 24 terneras frisonas procedentes de una ganadería localizada en Torrecampo (Córdoba, España). Las terneras estaban alojadas en boxes individuales con unas dimensiones de 1.8 m de largo x 1.0 m de ancho y con cama de paja. Tenían una edad media de 37.62 d (mín= 16 d; máx= 53 d). Los animales recibían una dieta a base de lacto-reemplazante que era administrado conforme a la siguiente pauta (mañana/noche): 2.5 l/2.5 l durante la 1<sup>ª</sup>-3<sup>ª</sup> sem, 3 l/3 l durante la 3<sup>ª</sup>-6<sup>ª</sup> sem, 1.5 l/1.5 l durante la 8<sup>ª</sup> sem y 1 l/1 l durante la 9<sup>ª</sup> sem. La dieta a base de leche finalizó a los 63 d. Desde los primeros días de vida, las terneras disponían de agua *ad libitum* y pienso multipartículas (conteniendo harinas de habas de soja, copos de maíz, trigo, maíz, avena, melaza, harinillas de trigo, semillas de lino, melaza, carbonato cálcico, sal y fosfato bicálcico). La composición nutricional era de un 18.5% de proteína bruta, 3.1% de aceites y grasas brutos, 5.1% de fibra bruta, 6% de ceniza bruta y 0.1% de sodio.

Un **quinto estudio** fue desarrollado para analizar la eficacia de la **determinación del momento del parto mediante sensores vaginales de temperatura (Vel'Phone, Medria, Francia)**. Un total de 73 vacas gestantes (48 multíparas y 25 novillas) de la raza frisona procedentes de dos ganaderías localizadas en Dos Torres (Córdoba, España) fueron monitorizadas durante el parto entre julio de 2014 y septiembre de 2015.

Desde el secado hasta 15-20 días antes de la fecha estimada de parto, las vacas eran alojadas en un patio. Posteriormente, cuando le quedaban 15-20 días para alcanzar la fecha prevista de parto, eran trasladadas a un nuevo patio hasta que el parto era inminente (de acuerdo con los registros de temperatura vaginal obtenidos por el sensor). Por último, cuando se apreciaban síntomas que indicaban que el parto estaba próximo, los animales eran trasladados a una sala donde el parto era monitorizado y grabado mediante cámara de vídeo. Tras el parto, los animales eran trasladados con el resto de vacas en lactación y se reiniciaba el ordeño (dos veces al día). Antes del parto, los animales eran alimentados con silo de cereal y concentrado (según NRC), teniendo acceso libre al agua de bebida. Posteriormente, cuando pasaban al patio de vacas en lactación, eran alimentadas con una ración unifeed diaria (de acuerdo con NRC), teniendo igualmente acceso libre al agua de bebida.

## **2. Evaluación del bienestar animal: vacas adultas y recria**

El protocolo WQ (<http://www.welfarequalitynetwork.net>) fue utilizado para evaluar el BA en las vacas de todas las ganaderías incluidas en este estudio, obviando el apartado referente al comportamiento animal, que no fue realizado debido a la elevada subjetividad de protocolo (Franchi y col. 2014). Todas las observaciones fueron llevadas a cabo por la misma persona. Se analizaron aquellos parámetros relacionados con la alimentación, el alojamiento y la salud establecidos por el protocolo WQ. El tamaño muestral para la evaluación de bienestar fue calculado de acuerdo con las recomendaciones de WQ (Tabla 1).

*Tabla1. Recopilación de datos y puntuaciones para evaluación del bienestar de vacas lecheras, según WQ (2009).*

**CC:** condición corporal, **PB:** provisión de agua, **LB:** limpieza de bebedero, **FB:** funcionalidad del bebedero, **TNT:** tiempo necesario para tumbarse, **%C:** colisiones; **TFAD:** animales tumbados parcial o totalmente fuera del área de descanso, **SPT:** suciedad patas traseras, **SCT:** suciedad cuarto trasero, **SU:** suciedad ubre, **AA:** animales atados, **AE:** acceso al exterior, **AP:** acceso a pasto, **COJ:** cojeras, **INT:** alteraciones del integumento, **T:** tos, **DN:** descarga nasal, **DO:** descarga ocular, **RD:** respiración dificultosa, **D:** diarrea, **DV:** descarga vulvar, **CCSS:** células somáticas, **VC:** vacas con cuernos, **DES:** método de desmochado, **Procedimiento DES:** procedimiento de desmochado, **VCC:** vacas cola cortada, **CCL:** corte de colas, **Procedimiento CCL:** procedimiento del corte de colas.

Evaluación del bienestar en vacas lecheras y su influencia sobre los índices productivos y reproductivos  
**MATERIALES Y MÉTODOS**

Principios	Medidas	Puntuaciones	Descripción
ALIMENTACIÓN	CC	0	CC normal
		1	CC muy delgada
		2	CC muy gorda
	PB	cm por vaca	longitud de los bebederos en cm
	LB	0	Limpio
		1	Parcialmente sucio
		2	Sucio
	FB	0	Bebederos que funcionan correctamente
		2	Bebederos que funcionan incorrectamente
	ALOJAMIENTO	TNT	s para tumbarse
%C		0	No colisión
		2	Colisión
TFAD		%	Núm. de animales tumbados parcialmente/completamente tumbados fuera del área de descanso
SPT		0	Sin suciedad o pequeñas salpicaduras
		2	Placas de suciedad separadas o continuas
SCT		0	Sin suciedad o pequeñas salpicaduras
		2	Placas de suciedad separadas o continuas
SU		0	Sin suciedad o pequeñas salpicaduras
		2	Placas de suciedad separadas o continuas
AA		0	Sistema de animales sueltos
		2	Sistema de animales atados
AE		0	Sí
		2	No
AP		0	Sí
		2	No
SALUD	COJ	0	Sin cojera
		2	Cojera severa
	INT	0	No
		1	Medio
		2	Severo
	T	número de vacas	Animales con una expulsión fuerte y sonora procedente de los pulmones
	DN	0	Sin evidencia de descarga nasal
		2	Evidencia de descarga nasal
	DO	0	Sin evidencia de descarga ocular
		2	Evidencia de descarga ocular
	RD	0	Sin evidencia de respiración dificultosa
		2	Evidencia de respiración dificultosa
	D	0	Sin evidencia de diarrea
		2	Evidencia de diarrea
	DV	0	Sin evidencia de descarga vulvar
		2	Evidencia de descarga vulvar
	CCSS	0	Células somáticas debajo de 400,000 3 meses
		2	Células somáticas igual o superior 400,000 3 meses
	VC	%	% vacas con cuernos
	DES	0	Ni desmochado ni descornado
1		Desmochado de los terneros con termocauterización	
2		Desmochado de terneros con pasta cáustica	
3		Descornado del ganado	
Procedimiento DES	0	Uso de anestésicos	
	2	Sin uso de anestésicos	
	0	Uso de analgésicos	
	2	Sin uso de analgésicos	
VCC	%	% vacas con cola cortada	
CCL	0	No se cortan colas	
	1	Corte de cola con anillos de goma	
	2	Corte de cola con cirugía	
Procedimiento CCL	0	Uso de anestésicos	
	2	Sin uso de anestésicos	
	0	Uso de analgésicos	
	2	Sin uso de analgésicos	

Las ganaderías fueron definidas como: "**no clasificadas**" cuando el resultado de la evaluación de BA era bajo, "**aceptable**" cuando el BA cumplía con los requerimientos mínimos, "**buena**" cuando el BA era adecuado, o "**excelente**" cuando el BA alcanzaba el nivel más alto.

Los índices reproductivos de cada ganadería, obtenidos a partir de los datos registrados en el programa ReproGTV (Girona, España), se detallan a continuación:

-**Intervalo entre partos (IEP)**: definido como la media del número de días que transcurre entre los partos de cada vaca.

-**Intervalo entre parto-primera inseminación (P-1ªInsem)**: intervalo medio entre parto y primera inseminación.

-**Intervalo entre parto-inseminación fecundante (P-IFec)**: intervalo medio entre parto e inseminación fecundante.

-**Inseminaciones por concepciones (I/C)**: número de inseminaciones realizadas en relación con el número de vacas preñadas.

-**Fertilidad (FERT)**: porcentaje de animales que quedan preñadas con relación al número total de vacas inseminadas.

-**Detección de celos (DC)**: número total de servicios o celos observados y/o reportados de un grupo de vacas dividido por el número de servicios/celos que deberían teóricamente haberse detectado.

-**Días en leche (DEL)**: período promedio entre el parto y el día en que se realizó la evaluación reproductiva de las vacas lactantes.

Asimismo, se recopilaron datos relacionados con la **producción media de leche** (medida en litros producidos por vaca).

El día antes de la evaluación en la ganadería se hizo un breve cuestionario al ganadero donde se recopiló la siguiente información: número de vacas en ordeño, presencia de animales atados (AA), acceso al exterior (AE) o pasto (AP), método de desmochado (DES), uso de anestésicos y/o analgésicos para el DES, porcentaje de vacas con cola cortada (VCC) y, en el caso de que haya animales con cola cortada, métodos empleados y anestésicos y/o analgésicos administrados. También se anotó la información relativa al recuento de células somáticas (CCSS); cuando los datos individuales de las ganaderías no estaban disponibles, a la hora de introducir los datos en

el simulador, se consideró el peor de los casos ( $CCSS > 400000$  para el 17.5% de las vacas). Durante la mañana del día de evaluación, las vacas eran trabadas en el comedero (nunca más de dos horas) para proceder a la observación de condición corporal (CC), suciedad de las patas traseras (SPT), suciedad de los cuartos traseros (SCT), suciedad de la ubre (SU), descarga nasal (DN), descarga ocular (DO), diarrea (D), descarga vulvar (DV) y alteraciones en el integumento (INT), y seguidamente se soltaron para poder cuantificar las cojeras severas (COJ). Los bebederos se evaluaron mientras las vacas permanecían en el alojamiento. Finalmente, se determinó el tiempo que las vacas tardaban en acostarse (TNT), si colisionaban o no con los componentes del alojamiento (%C) y cuántos de ellos se encontraban tumbadas parcial o totalmente fuera de área de descanso (TFAD); al mismo tiempo, se evaluó si presentaban respiración dificultosa (RD) y tos (T).

En el estudio 3 se siguió el diseño experimental mostrado en la Figura 11, con el objetivo de **evaluar el comportamiento post-descornado tras la utilización de FMP.**

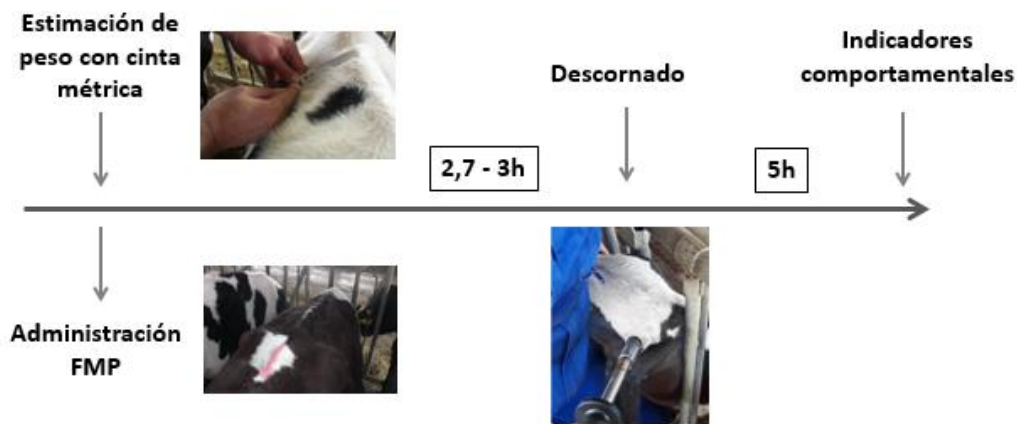


Figura 11. Esquema del diseño experimental para evaluar el comportamiento posdescornado tras la utilización de FMP (previo al descornado).

Para este estudio se descornaron un total de 29 animales, empleando el método de cauterización (DCT,  $n=23$ ) o el método químico (DQ,  $n=6$ ). Los animales se dividieron grupo TRATADO ( $n=16$ ), que recibió tratamiento antiinflamatorio con FMP, y grupo CONTROL ( $n=13$ ), que no recibió tratamiento. Se estimó el peso de los animales mediante cinta métrica para poder determinar la dosis de AINE a aplicar. Los animales fueron tratados con FMP (Finadyne transdérmico 50 mg/ml, MSD Animal Health, Whitehouse Station, Nueva Jersey) aproximadamente 2.7-3.0 h antes del descornado. Para el DQ, se cortaban los pelos existentes alrededor de los cuernos en crecimiento, posteriormente se humedecía la zona con unas gotas



de agua, para finalmente aplicar la pasta cáustica (lápiz de sosa cáustica Hornstift, 7 g de hidróxido de potasio) en un área de unos 3 cm y durante 1-2 min. En los casos donde se realizó el DCT, se empleó un descornador con batería Horn'up (Insvet, España) que era presionado contra los botones cornuales por un tiempo de 7 segundos.

Como indicadores de dolor se evaluaron los siguientes patrones a las 5 h tras el descornado: sacudidas y frotamiento de la cabeza, movimientos de las orejas, tiempo en comedero y rumia (Sylvester y col., 2004; Theurer y col., 2012; Huber y col., 2013).

En el estudio 4 se **evaluó la eficacia del uso de FMP, SED y ANL previos al desmochado sobre comportamiento y parámetros bioquímicos**, tal y como se muestra en la Figura 12.

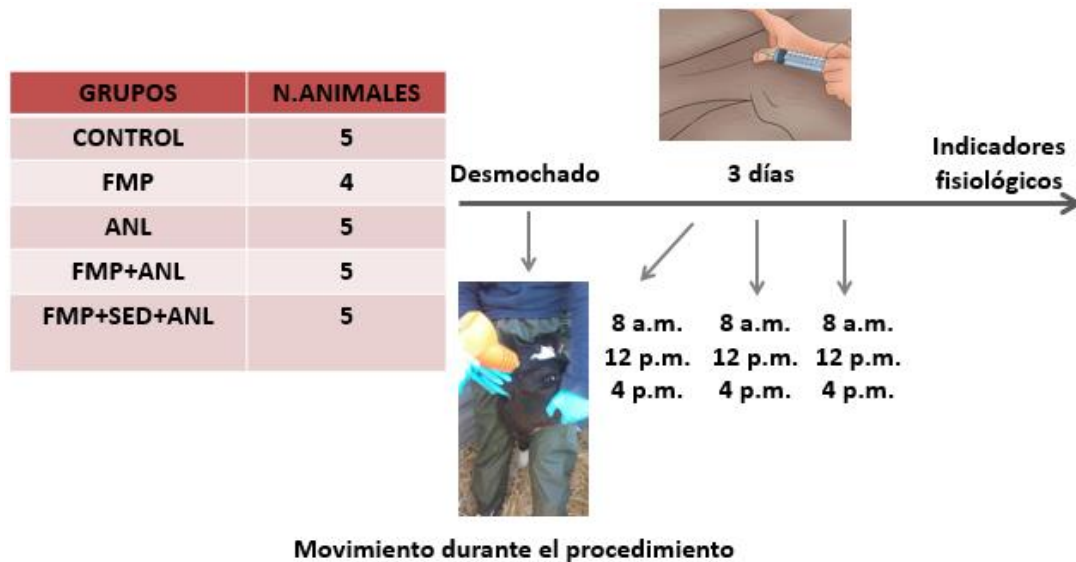


Figura 12. Esquema del diseño experimental para evaluar la eficacia del uso de FMP y ANL previo al desmochado sobre comportamiento y parámetros bioquímicos.

Se establecieron 5 grupos de estudio conforme al tratamiento recibido antes del desmochado:

Grupo 1 (n=5; edad=51.8 d): animales no tratados.

Grupo 2 (n=4; edad=49.5 d): tratamiento con FMP (Flunixin meglumine pour-on, Finadyne transdérmico 3.33 mg/Kg de peso vivo, MSD Animal Health, Whitehouse Station, Nueva Jersey, USA).

Grupo 3 (n=5; edad=26.8 d): tratamiento con ANL (Procaína 2%, Procamidol 100-200 mg/ternera, Karizoo, Barcelona, España).

Grupo 4 (n=5; edad=27.8 d): tratamiento con FMP (Finadyne transdérmico 3.33 mg/Kg) y ANL (Procamidol 100-200 mg/ternera).

Grupo 5 (n=5; edad=34.6 d): tratamiento con FMP (Finadyne transdérmico 3.33 mg/Kg), SED (xilacina al 2%, Xilagesic 2%, 0.25-1.5 ml/100kg, Calier, Barcelona, España) y ANL (Procamidol 100-200 mg/ternera).

El tratamiento con ANL se hizo mediante infiltración local para el bloqueo del nervio cornual de la rama maxilar (McMeekan y col., 1998b), utilizando para ello 5-10 ml de procaína 2% en cada lado, hacia la mitad del borde lateral de la cresta ósea frontal (Figura 13).



*Figura 13. Aplicación de ANL.*

Tras tomar la 1ª muestra de sangre de la vena yugular, se procedió a rasurar la zona de los botones cornuales (Figura 14) para facilitar su identificación y para evitar futuras infecciones por la presencia de pelo, y seguidamente se aplicó el tratamiento. Para el desmochado, se presionaba con el descornador (Figura 15) contra los botones cornuales durante 7 segundos y se comprobaba si el corion de la base del botón se había cauterizado correctamente. En el caso de que hubiese sido incompleto (Figura 16), se volvía a aplicar el descornador durante otros 7 segundos (Figura 17). Al finalizar, se aplicaba un aerosol antibiótico (Pederol aerosol, Syva, España) y un aerosol cicatrizante (Aluspray, Vetoquinol, España).



*Figura 14: Rasurado de la zona del desmochado (izqda). Final del rasurado (dcha).*



*Figura 15. Descornador Horn'up.*



*Figura 16. Desmochado incorrecto.*



*Figura 17. Desmochado correcto.*

Los animales fueron monitorizados durante los 3 días posteriores al desmochado, tomándose muestras de sangre tres veces al día (8 a.m., 12 p.m., 4 p.m.), es decir, a las horas 0, 4, 8, 24, 28, 32, 48, 52 y 56. La sangre se obtuvo por venipunción yugular empleando para ello tubos de vacío con anticoagulante. El suero fue obtenido por centrifugación y congelado a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta su utilización. Además, se valoró el comportamiento de los terneros durante el desmochado, registrando cuándo sacudían la cabeza, empujaban, se movían y se caían, según Grondahl-Nielsen y col. (1999).

Con objeto de determinar si existía alteración en cuanto al bienestar de las novillas sometidas al desmochado con diferentes tratamientos, se determinaron los siguientes parámetros bioquímicos:  $\beta$ -hidroxibutirato (BHB), glucosa (GL), proteínas totales (PT), albúmina (AL) y globulinas (GLB). Dichas determinaciones se llevaron a cabo mediante fotometría (RX DAYTONA+, Randox, Londres, UK).

### 3. Evaluación del momento del parto

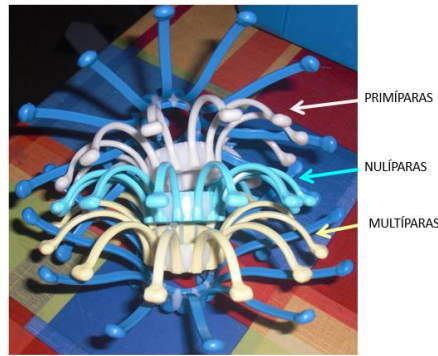
Con objeto de evaluar los sensores vaginales de temperatura (Vel'Phone, Medria, Chateaubourg, Francia) como herramienta para controlar el momento del parto, se recopilaron los datos reproductivos de los animales y se estimó la fecha estimada de parto (a partir de la fecha de la inseminación fecundante), considerando que la duración media de la gestación era de 280 días (Parkinson y col., 2001). Los dispositivos fueron insertados en la vaginal (Figura 18) durante los 10 últimos días previos al parto. Para ello, se procedió a limpiar la zona vulvar y secarla correctamente (Figura 19) y, a continuación, mediante un aplicador lubricado (Figura 18), se colocaron en la porción craneal de la vagina. Existían dispositivos con diferente tamaño y rigidez (Figura 20) dependiendo de si estaban diseñados para emplearlos en nulíparas, primíparas o multíparas. A mayor número de partos, los dispositivos utilizados presentaban mayor tamaño y rigidez. Tras el parto, los sensores eran recuperados, desinfectados y almacenados para un nuevo uso.



Figura 18. Lubricante, dispositivo intravaginal, aplicador para insertar el dispositivo y clorhexidina.



Figura 19. Limpieza de la zona vulvar antes de insertar el dispositivo.



*Figura 20. Diferentes tamaños de los dispositivos intravaginales.*

Estos dispositivos registran las variaciones de temperatura vaginal con una frecuencia de 30 min., enviando la información a través de una estación de radio GSM (Daily Web Serv, Medria, Chateaubourg, France) (Figura 21). Los ganaderos recibían en sus smartphones las diferentes alertas que establece este sistema, permitiendo la monitorización de los animales a tiempo real. Tras la activación de los sensores (cuando el dispositivo es introducido en la vagina), diferentes mensajes son enviados al ganadero:

- 1ª notificación: activación del dispositivo (Figura 22).
- 2ª notificación: parto probable en 48h (Figura 23).
- 3ª notificación: parto esperado en 48h (Figura 23).
- 4ª notificación: sensor expulsado (Figura 24).

Además de los avisos anteriormente indicados, el sistema se puede configurar para recibir un informe de las temperaturas vaginales diariamente (Figura 22, 23 y 24).



*Figura 21. Estación Medria.*

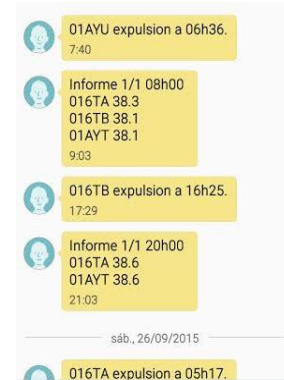
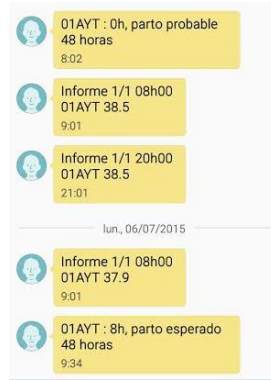
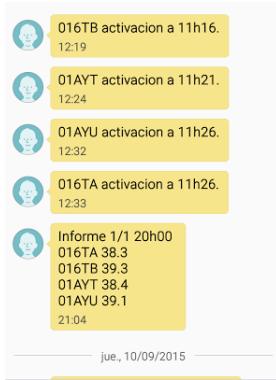


Figura 22. Activación del dispositivo. Figura 23. Parto probable y esperado 48h. Figura 24. Sensor expulsado.

Según la empresa que los comercializa, los sensores basan su funcionamiento en dos algoritmos que se encargan de predecir la aproximación del momento del parto. El primero establece cuándo la temperatura sube por encima de 39°C para disminuir más tarde, mientras que el segundo determina cuándo la temperatura desciende unos 2°C después de un incremento de hasta 41°C.

Con el fin de monitorizar el parto, detectar posibles complicaciones alrededor del mismo, precisar el tiempo transcurrido entre las alertas y la completa expulsión del feto, se instaló una videocámara en el patio de partos. Al recibirse la alerta de “expulsión” (momento en que se expulsaban al exterior los dispositivos intravaginales), se tenía la certeza de que estaba teniendo lugar el parto y la cámara comenzaba a grabar el evento (Figura 25). Posteriormente, se analizaban las grabaciones y se determinaba el intervalo comprendido entre la expulsión del dispositivo y el final del parto. Se consideró que el parto concluía cuando el ternero era completamente expulsado, siendo posteriormente registrado el sexo. Asimismo, se registraron las dificultades evidenciadas en el parto y la incidencia de retención de placenta.



Figura 25. Monitorización box de parto.

#### **4. Análisis estadístico**

De forma general, se utilizó el programa estadístico IBM SPSS Statistics®, versión 25.0 (SPSS, Chicago, IL, USA).

**En el estudio 1** se realizó un estudio descriptivo de las variables (media, desviación estándar y coeficiente de variación) para las diferentes medidas tomadas en la ganadería. Para aquellos valores de tipo cualitativo se calculó el porcentaje de ganaderías perteneciente a cada clase. Se determinó el coeficiente de correlación de Pearson entre las puntuaciones de bienestar y los datos reproductivos. Las diferencias se consideraron significativas cuando  $P \leq 0.05$ .

**En el estudio 2** se llevó a cabo también un estudio estadístico descriptivo (media, error estándar medio, mínimo y máximo) para las mediciones de alojamiento, alimentación y salud, además de para las puntuaciones globales de cada criterio. La comparación de los datos obtenidos de cada uno de los sistemas de alojamiento se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) para variables cuantitativa y una prueba de Chi-cuadrado para las cualitativas.

Es importante tener en cuenta que, aunque algunas de las mediciones individuales obtenidas con el protocolo WQ eran de tipo cualitativo (p.e. SPT puede ser 0, que indica "sin suciedad o con algunas salpicaduras", o 2, que significa "placas de suciedad completas o separadas"), también se usaron datos a nivel de rebaño que eran cuantitativos (p.e. porcentaje de vacas con placas de suciedad continuas o separadas). Se determinó el coeficiente de correlación de Pearson entre las diferentes medidas de bienestar. Cuando el valor de  $p$  fue menor de 0.05, las diferencias se consideraron significativas.

**En el estudio 3** se realizó una prueba de Chi cuadrado para analizar las diferencias entre las terneras del grupo tratado y control con respecto a la presencia de alteraciones comportamentales tras el descornado. Las diferencias se consideraron significativas cuando  $P < 0.05$ .

**En el estudio 4** se evaluaron las diferencias existentes en las variables estudiadas (BHB, GL, PT, AL y GLB) a lo largo del período de estudio (3 días) en cada grupo experimental y entre grupos. Se realizó una comparación de medias mediante una prueba ANOVA y cuando las diferencias eran significativas se utilizó la prueba de Bonferroni. Las diferencias se consideraron significativas cuando  $p < 0.05$ .

**El estudio 5** se inició con un análisis descriptivo de los datos (media  $\pm$  SD). Se realizó una comparación entre los grupos de edad establecidos (novillas y multíparas), así como entre los grupos de vacas con retención de placenta o expulsión normal de placenta, mediante ANOVA de una sola vía. Se consideró que las diferencias eran significativas cuando  $p < 0.05$ .





## **RESULTADOS**



### 1. Evaluación del bienestar animal en ganaderías del sur de España (Estudio 1)

El 45% de las ganaderías incluidas en este estudio alcanzaron una calificación de "excelente" en la evaluación del alojamiento, mientras que el resto obtuvo un nivel "bueno". En lo que a los parámetros de alimentación y salud se refiere, aunque los valores obtenidos fueron en su mayoría "buenos", el porcentaje calificado como "aceptable" y "no clasificados" fueron más elevados, como muestra la Figura 26.

La tabla 2 muestra la variabilidad observada en los parámetros de bienestar evaluados en las 20 ganaderías del estudio.

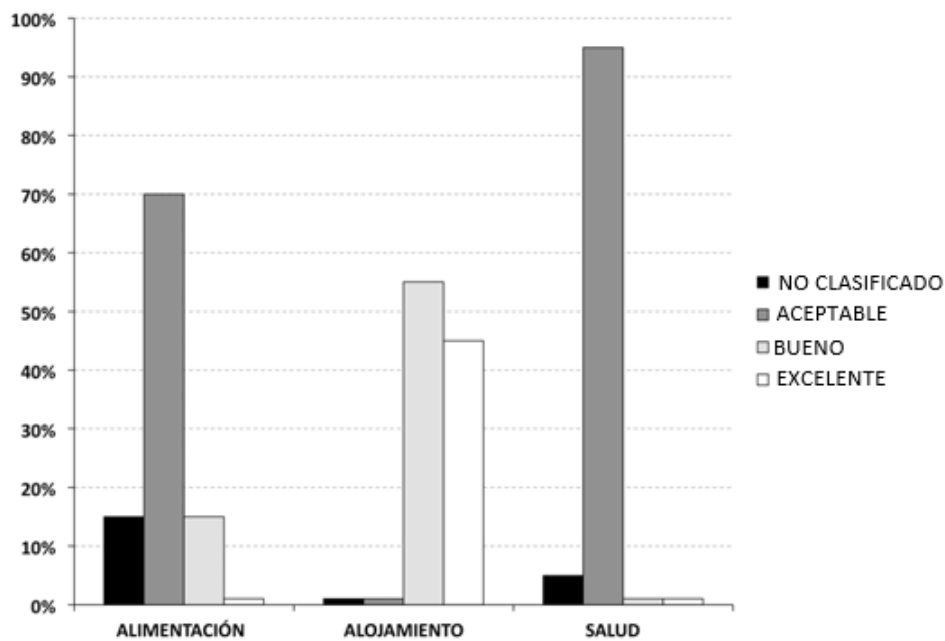


Figura 26. Clasificación de las ganaderías lecheras evaluadas usando el protocolo Welfare Quality® en términos de alojamiento, alimentación y salud.

Evaluación del bienestar en vacas lecheras y su influencia sobre los índices productivos y reproductivos  
**RESULTADOS**

Tabla 2. Estadística descriptiva de las variables medidas en el presente estudio, de acuerdo con el protocolo WQ (2009).

Medida	Acrónimo	Media	CV
<b>Reproducción</b>			
Intervalo entre partos (días)	IEP	458.8	8%
Intervalo entre parto-inseminación fecundante (días)	P-IFec	178.5	20%
Intervalo entre parto-1ªinseminación (días)	P- 1ªInsem	81.9	14%
Inseminaciones por concepción (no.)	I/C	3.2	28%
Fertilidad (%)	FERT	34.2	27%
Detección de celos (%)	DC	51.7	23%
<b>Alimentación</b>			
Condición corporal (% vacas delgadas)	CC	15.2	48%
Provisión de agua (cm por vaca)	PB	6.0	38%
Limpieza de los puntos de agua (cualitativo)	LB	70% limpios 25% parcialmente sucios 5% sucios	
Funcionalidad de los puntos de agua (cualitativo)	FB	90% funcionando correctamente 10% funcionando mal	
<b>Alojamiento</b>			
Tiempo necesario para tumbarse (s)	TNT	4.6	15%
Colisiones (%)	%C	9.1	161%
Frecuencia de animales tumbados parcial o totalmente fuera del área de descanso (%)	TFAD	1.2	261%
Suciedad de patas traseras (% de suciedad)	SPT	44.1	65%
Suciedad del cuartos traseros (% de suciedad)	SCT	29.4	98%
Suciedad de la ubre (% de suciedad)	SU	17.9	129%
Presencia de animales atados (% de animales atados)	AA	0.0	0%
Acceso a exterior (cualitativo)	AE	45% sí 55% no	
Número de días con AE por año (sí sí)	AE/a	339.4	7%
Número de horas con AE por día (sí sí)	AE/d	24.0	0%
Acceso a pasto (cualitativo)	AP	100% no	
<b>Salud</b>			
Porcentaje de cojeras (%)	COJ	4.7	68%
Porcentaje de animales con desórdenes del integumento (%)	INT	No	84.1
		Medio	11.5
		Severo	4.4
Tos (no. por vaca)	T	0.2	199%
Descarga nasal (%)	DN	30.8	37%
Descarga ocular (%)	DO	8.2	90%
Respiración dificultosa (%)	RD	1.4	165%
Diarrea (%)	D	4.3	111%
Descarga vulvar (%)	DV	1.1	148%
Células somáticas (% encima 400000)	CCSS	0.0	0%
Vacas con cuernos (%)	VC	2.0	164%
Procedimiento usado para desmochado/descornado (cualitativo)	PDES	65%termocauterizac. 35%pasta cáustica	
Descornado (%)		DES/anestesia	0.0
		DES/analgesia	0.0
Vacas con cola cortada (%)	VCC	0.7	187%
Procedimiento usado para cortar las colas (cualitativo)	PCCL	100% anillos de goma	
Corte de cola (%)	CCL	VCC/anestesia	0.0
		VCC/analgesia	0.0

Relativo a alimentación, se observó una baja variabilidad para las medidas de condición corporal (CC) y provisión de agua (PB) (48 y 38%, respectivamente) entre ganaderías. La medida más homogénea entre ganaderías fue la funcionalidad de los puntos de agua (FB), que resultó satisfactoria en el 90% de los casos.

El análisis de los valores relativos a alojamiento mostró una alta variabilidad entre ganaderías en referencia a la frecuencia de animales tumbados total o parcialmente fuera del área de descanso (TFAD) (261%), lo cual fue atribuido especialmente a una ganadería que mostró un alto valor (13.8%). Una alta variabilidad fue también observada al determinar el porcentaje de colisiones (%C) y la suciedad de la ubre (SU) (161 y 129%, respectivamente).

No se observaron diferencias entre ganaderías en referencia al acceso al pasto (AP), al número de horas al día con acceso a patio exterior (AE/d), al número de horas al año con acceso a patio exterior (AE/a), ni a la presencia de vacas atadas. Hay que destacar que, en las ganaderías de esta zona de España, los animales no se mantienen atados ni tienen acceso a pasto, aunque algunas cuentan con acceso permanente a un patio exterior.

En cuanto a la evaluación de la salud de los animales, según el protocolo WQ, se detectó una elevada variabilidad entre ganaderías para el porcentaje de cojeras severas (COJ), animales con alteraciones en el integumento (INT), tos (T), descarga ocular (DO), respiración dificultosa (RD), descarga vulvar (DV), vacas con cuernos (VC) y vacas con cola cortada (VCC). Durante los 3 meses anteriores a la valoración del BA, ninguna ganadería presentó elevación en el recuento de células somáticas (Tabla 2).

En la tabla 3 se muestran las correlaciones positivas detectadas entre el tiempo necesario para tumbarse (TNT) y % de colisiones (%C), entre limpieza de bebederos (LB) y suciedad de patas traseras (SPT), cuartos traseros (SCT) y ubre (SU), y entre la limpieza de las diferentes partes del animal (SPT, SCT, SU). Se observó que aquellas ganaderías con acceso a patio exterior tenían menor porcentaje de vacas delgadas (CC) ( $p < 0.05$ ) y las vacas se encontraban menos sucias ( $p < 0.05$ ).

Tabla 3. Correlación bivariada entre los diferentes parámetros de bienestar obtenidos en las ganaderías analizadas y entre los parámetros mencionados y los índices reproductivos y lecheros.

Mediciones	R	valor de P
<b>Correlaciones entre parámetros de bienestar</b>		
Tiempo necesario para tumbarse / % de colisiones	0.588	0.006
Limpieza de los bebederos / Suciedad de patas traseras	0.619	0.004
Limpieza de los bebederos / Suciedad de cuartos traseros	0.648	0.002
Suciedad de patas traseras / Suciedad de cuartos traseros	0.835	0.000
Limpieza de los bebederos / Limpieza de ubre	0.648	0.002
Suciedad de patas traseras / Suciedad de ubre	0.727	0.000
Suciedad de cuartos traseros / Suciedad de ubre	0.829	0.000
Condición corporal / Acceso al exterior	0.592	0.006
Suciedad de cuartos traseros / Acceso al exterior	-0.717	0.000
Suciedad de la ubre / Acceso al exterior	-0.531	0.016
Suciedad de patas traseras / Acceso al exterior	-0.428	0.050
Limpieza de bebederos / Respiración dificultosa	0.535	0.015
Suciedad patas traseras / Respiración dificultosa	0.472	0.035
Suciedad de patas traseras / Respiración dificultosa	0.431	0.058
Suciedad de la ubre / Respiración dificultosa	0.476	0.034
Frecuencia de animales tumbados fuera del área de descanso/sin alteraciones	-0.699	0.001
Frecuencia de animales tumbados fuera del área de descanso /alteraciones medias	0.664	0.001
Frecuencia de animales tumbados fuera del área de descanso /alteraciones severas	0.691	0.001
Limpieza de bebederos / Método de descornado	0.467	0.038
Funcionalidad de los bebederos / Método de descornado	0.454	0.044
<b>Correlaciones entre parámetros de bienestar y otros reproductivo/productivos</b>		
Condición corporal / Intervalo entre parto-1ªinseminación	0.463	0.040
Tiempo necesario para tumbarse / Intervalo entre parto-1ªinseminación	0.451	0.046
Acceso al exterior / Intervalo entre parto-1ªinseminación	0.511	0.021
Tos / Detección de celos	-0.567	0.009
Respiración dificultosa / Detección de celos	-0.609	0.004
Limpieza de bebederos / Producción de leche	-0.458	0.042
Suciedad de patas traseras / Producción de leche	-0.553	0.011
Suciedad de cuartos traseros / Producción de leche	-0.547	0.013
Suciedad de ubre / Producción de leche	-0.472	0.035
Respiración dificultosa / Producción de leche	-0.523	0.018

Además, cuando el porcentaje de animales tumbados parcial o totalmente fuera de área de descanso era más alto, el porcentaje de alteraciones en el integumento aumentaba. Los problemas respiratorios fueron más frecuentemente observados en aquellas ganaderías donde los estándares de higiene no eran adecuados.

La tabla 3, además, muestra correlaciones significativas entre los parámetros valorados por el protocolo WQ, los índices reproductivos y la producción de leche. El porcentaje de vacas que mostraron una inadecuada condición corporal y aquellas ganaderías donde las vacas tardaban mucho tiempo en acostarse fueron positivamente correlacionadas con el intervalo parto-1ª inseminación. Animales que tenían tos y respiración dificultosa presentaban menor tasa de detección de celo y de producción de leche y, finalmente, aquellas ganaderías con animales más sucios tenían una producción de leche inferior.

## **2. Bienestar animal en vacas alojadas en cubículos y en cama fría (Estudio 2)**

Respecto a la evaluación de la alimentación se apreció que aquellas ganaderías con cubículos mostraron un porcentaje de vacas delgadas significativamente mayor ( $p=0.016$ ) que las ganaderías con cama fría. El funcionamiento de los bebederos fue anómalo en ambos sistemas de alojamiento, aunque el agua tendía a estar más sucia ( $p=0.054$ ) en ganaderías con cama fría.

Centrándonos en la evaluación de los parámetros de alojamiento fijados por el protocolo WQ, el tiempo requerido para tumbarse fue similar para las vacas mantenidas en cualquiera de los dos sistemas de alojamiento analizados. Se observaron diferencias significativas en el porcentaje de animales que colisionan con el equipamiento y en el porcentaje de animales sucios (Tabla 4). Se detectó un porcentaje significativamente mayor de colisiones ( $p<0.05$ ) en las ganaderías que tenían cubículos, mientras que éstos mismos se mostraron más eficaces que la cama fría para mantener la mayor limpieza de los animales, siendo detectadas diferencias significativas en relación con los cuartos ( $p=0.033$ ) y patas traseras ( $p=0.033$ ), y una tendencia estadística en respecto a la ubre ( $p=0.06$ ).

El 85.7 % de las ganaderías con cama fría disponían de acceso de los animales al exterior, mientras que sólo contaban con este espacio el 16.7% de las ganaderías con cubículos (Tabla 4).



Evaluación del bienestar en vacas lecheras y su influencia sobre los índices productivos y reproductivos  
**RESULTADOS**

Tabla 4. Diferencias significativas entre indicadores de bienestar en cama fría y en cubículos usando ANOVA y Chi-cuadrado. \*Datos no disponibles debido a la ausencia de controles lecheros. El peor escenario (17.5% de vacas con CCSS>400,000) fue considerado, de acuerdo con el protocolo WQ.

Principio	Medida	Cama fría		Cubículo		Valor P
		Media $\pm$ SEM	Min-Max	Media $\pm$ SEM	Min-Max	
<b>ALIMENTACIÓN</b>						
	Vacas delgadas (%)	8.0 $\pm$ 1.1	3.0-15.2	17.2 $\pm$ 3.2	4.5-32.7	0.016
	Longitud de bebedero por vaca (cm)	6.4 $\pm$ 0.7	3.5-9.2	6.3 $\pm$ 0.9	1.6-11.4	0.930
	Limpieza de los bebederos (%)	85.7 $\pm$ 7.0	50.0-100.0	100.0 $\pm$ 0.0	100.0	0.054
	Mal funcionamiento de los bebederos (%)	14.0 $\pm$ 10.9	0.0-100.0	8.0 $\pm$ 10.9	0.0-100.0	0.703
<b>ALOJAMIENTO</b>						
	Tiempo necesario para tumbarse (s)	4.6 $\pm$ 0.1	4.2-5.5	4.8 $\pm$ 0.3	3.6-6.4	0.597
	Animales que colisionan con el equipamiento (%)	0.0 $\pm$ 0.0	0.0	15.2 $\pm$ 6.2	0.0-50.0	0.027
	Animales descansando fuera del área de descanso (%)	0.0 $\pm$ 0.0	0.0	1.5 $\pm$ 1.5	0.0-13.8	0.332
	Animales con patas traseras sucias (%)	49.8 $\pm$ 8.6	20.0-81.8	30.8 $\pm$ 5.3	11.5-59.1	0.033
	Animales con cuartos traseros sucios (%)	33.9 $\pm$ 7.1	13.0-76.6	13.9 $\pm$ 5.1	0.0-47.7	0.033
	Animales con ubre sucia (%)	20.4 $\pm$ 3.8	6.7-45.5	9.2 $\pm$ 4.1	0.0-40.9	0.060
	Acceso al exterior	85.7 (sí)	sí/no	16.7 (sí)	sí/no	0.006
	Acceso a pasto	0.0 (sí)	sí/no	0.0 (sí)	sí/no	-
<b>SALUD</b>						
	Animales con cojera severa (%)	3.5 $\pm$ 0.8	0.0-7.0	5.7 $\pm$ 1.0	0.0-9.4	0.101
	Animales sin alteración en el tegumento (%)	91.7 $\pm$ 2.0	79.8-100	85.6 $\pm$ 5.3	47.7-100	0.298
	Animales con alteraciones medias en el tegumento (%)	8.3 $\pm$ 2.0	0.0-20.2	11.1 $\pm$ 3.6	0.0-34.1	0.507
	Animales con alteraciones severas en el tegumento (%)	0.0 $\pm$ 0.0	0.0	3.3 $\pm$ 1.9	0.0-18.2	0.107
	Nº de toses por animal	0.1 $\pm$ 0.1	0.0-0.7	0.2 $\pm$ 0.2	0-1.3	0.694
	Animales con descarga nasal (%)	16.8 $\pm$ 3.4	3.0-39.4	30.9 $\pm$ 4.7	12.7-50.0	0.026
	Animales con descarga ocular (%)	5.0 $\pm$ 1.2	0.0-12.1	8.8 $\pm$ 3.2	0.0-29.1	0.288
	Animales con respiración dificultosa (%)	0.0 $\pm$ 0.0	0.0	0.8 $\pm$ 0.6	0-5.5	0.226
	Animales con diarrea (%)	4.5 $\pm$ 1.9	0-18.2	3.4 $\pm$ 1.5	0-12.8	0.717
	Animales con descarga vulvar (%)	0.0 $\pm$ 0.0	0.0	1.5 $\pm$ 0.7	0-4.5	0.057
	Animales con células somáticas por encima de 400,000*	17.5 $\pm$ 0.0	17.5	17.5 $\pm$ 0.0	17.5	-
	Vacas con cuernos (%)	5.0 $\pm$ 1.9	0.0-11.8	1.0 $\pm$ 0.3	0.0-5.8	0.018
	Procedimiento para desmochado/descornado	42.9DCT/57.1DQ	no/DCT/DQ/ descornado	83.3DCT/16.7DQ	no/DCT/DQ/descornado	0.094
	Uso de anestésico/analgésico	0.0 (sí)	sí/no	0.0 (sí)	sí/no	-
	Vacas con cola cortada (%)	0.5 $\pm$ 0.3	0.0-2.5	0.6 $\pm$ 0.2	0.0-4.5	0.794
	Procedimiento para el corte de cola	100.0 (anillos de goma)	no/anillos de goma/cirugía	100.0 (anillos de goma)	no/anillos de goma/cirugía	-
	Uso anestésico/analgésico	0.0 (sí)	sí/no	sí/no	-	-

Al evaluar el alojamiento, según determina el protocolo WQ, todas las ganaderías alcanzaron la puntuación de "buenas" o "excelentes" (Tabla 5).

Tabla 5. Valoración de alimentación, alojamiento y salud de las ganaderías participantes en este estudio, según el protocolo.

Ganadería	Tipo alojamiento	Principios					
		ALIMENTACIÓN		ALOJAMIENTO		SALUD	
1	Cubículos	54.3	Aceptable	78.7	Buena	35.1	Aceptable
2	Cubículos	40.3	Aceptable	82.8	Excelente	37.4	Aceptable
3	Cubículos	54.1	Aceptable	82.8	Excelente	37.3	Aceptable
4	Cubículos	47.2	Aceptable	93.3	Excelente	40.2	Aceptable
5	Cubículos	43.6	Aceptable	100	Excelente	37.3	Aceptable
6	Cubículos	55.1	Buena	87.5	Excelente	32.7	Aceptable
7	Cubículos	8.8	Sin clasificar	81.7	Excelente	32.4	Aceptable
8	Cubículos	61.1	Buena	59.1	Buena	29.4	Aceptable
9	Cubículos	53.5	Aceptable	58.2	Buena	32.2	Aceptable
10	Cubículos	31.1	Aceptable	78.7	Buena	31.4	Aceptable
11	Cubículos	50.1	Aceptable	59.1	Buena	40.2	Aceptable
12	Cubículos	46.4	Aceptable	72.1	Buena	34.7	Aceptable
13	Cama fría	23.2	Aceptable	70.9	Buena	33.5	Aceptable
14	Cama fría	36.9	Aceptable	70.9	Buena	32.3	Aceptable
15	Cama fría	9.7	Sin clasificar	81.7	Excelente	41.1	Aceptable
16	Cama fría	68.6	Buena	65.4	Buena	36.0	Aceptable
17	Cama fría	62.7	Buena	87.5	Excelente	30.6	Aceptable
18	Cama fría	60.8	Buena	82.8	Excelente	42.8	Aceptable
19	Cama fría	37.5	Aceptable	77.9	Buena	50.8	Aceptable

La comparación de los indicadores de bienestar relacionados con la salud solo mostró diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en relación con la descarga nasal, que fue más alta en cubículos, mientras que se apreció una ligera tendencia ( $p = 0.06$ ) a presentar mayor incidencia de descarga vulvar en cubículos (Tabla 4). La presencia de vacas con cuernos fue también cuantificada, detectándose un porcentaje significativamente mayor en los sistemas de alojamiento basados en cama fría (Tabla 4). Las ganaderías con cubículos mostraron una ligera tendencia ( $p = 0.09$ ) al uso de desmochado por cauterización frente al desmochado químico. Todas las ganaderías monitorizadas, tanto las de cama fría como las de cubículos, fueron clasificadas como "aceptables" para el principio de salud, según el protocolo de WQ.

La valoración parcial del bienestar basada en alimentación, alojamiento y salud no reveló grandes diferencias entre ganaderías (Figura 27, Tabla 5).

No existieron diferencias significativas entre ambos tipos de alojamientos en relación a los parámetros reproductivos ni en cuanto a la producción de leche (Tabla 6). Sin embargo, se observó una mayor variabilidad en el rendimiento reproductivo en aquellas ganaderías con cubículos.

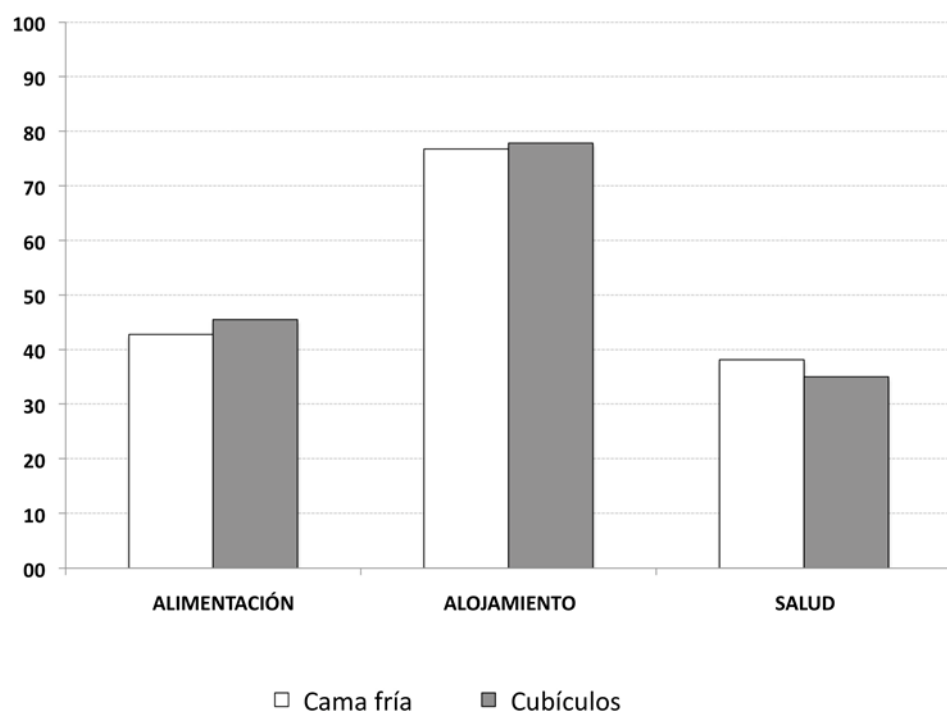


Figura 27. Media de puntuación (%) para salud, alimentación y alojamiento dependiendo del sistema de alojamiento.

Tabla 6. Media de valores reproductivos y productivos en cama fría y en cubículos.

Medida	Cama fría		Cubículo		Valor P
	Media $\pm$ SEM	Mín-Máx	Media $\pm$ SEM	Mín-Máx	
Intervalo entre partos (d)	432.2 $\pm$ 8.5	408.1-465.1	463.8 $\pm$ 16.7	398.1-535.0	0.266
Intervalo parto-concepción(d)	157.2 $\pm$ 8.4	133.1-190.1	181.5 $\pm$ 15.0	122.9-235.0	0.343
Intervalo parto - 1º inseminación (d)	73.7 $\pm$ 0.3	73.0-74.7	84.8 $\pm$ 5.0	69.0-107.0	0.180
Inseminaciones	3.2 $\pm$ 0.1	3.0-3.6	3.2 $\pm$ 0.4	1.9-5.4	0.950
Fertilidad (%)	32.0 $\pm$ 1.0	28.7-35.2	34.3 $\pm$ 3.9	18.5-52.6	0.712
Detección de celo (%)	57.3 $\pm$ 2.9	47.8-67.5	51.5 $\pm$ 3.6	37.0-67.0	0.355
Producción de leche (kg/d)	35.9 $\pm$ 0.1	35.7-36.0	36.4 $\pm$ 1.1	29.3-40.5	0.788

### 3. Bienestar animal en terneros durante el descornado (Estudio 3)

La evaluación comportamental post-descornado en las terneras que no recibieron ningún tratamiento demostraron que un mayor número de animales expresaban signos de dolor o incomodidad dentro de las 5 h. posteriores al procedimiento, frente a otras que habían sido tratadas con FMP, tal y como se deducía por la presentación de alteraciones comportamentales (Tabla 7). Si bien las diferencias no fueron significativas, el valor de Chi-cuadrado cercano a la significación (0.089) hace pensar que quizás incrementando el tamaño muestral se podrían evidenciar la significación estadística esperada (Tabla 8, tabla 9).

Tabla 7. Presencia o no de alteraciones comportamentales post-desmochado tras la aplicación previa de Finadyne Transdérmico. ID: identificación del animal, PROCED: procedimiento de descornado, DCT: descornado por cauterización, DQ: descornado químico, FMP: flunixin meglumine pour on, AC: alteraciones comportamentales en post-descornado, S: sí, N: no.

ID	NACIMIENTO	EDAD	KG PV	PROCED	FMP	AC
4385	01/08/2015	7.20	210	DCT	S	NO
4400	22/09/2015	5.47	188	DCT	S	NO
4402	28/09/2015	5.27	166	DCT	S	SI
4392	18/09/2015	5.60	194	DCT	N	SI
4396	06/09/2015	6.00	202	DCT	N	SI
4391	17/09/2015	5.63	188	DCT	S	NO
8183	21/10/2015	4.50	154	DCT	N	NO
8184	22/10/2015	4.47	135	DCT	S	SI
8185	25/10/2015	4.37	154	DCT	N	SI
8180	08/10/2015	4.93	125	DCT	S	NO
360	25/11/2015	3.33	135	DCT	S	SI
361	04/12/2015	3.03	113	DCT	N	SI
1099	11/06/2016	3.17	79	DCT	S	NO
1101	29/06/2016	2.57	79	DCT	S	NO
1098	13/05/2016	4.13	100	DCT	S	NO
1102	13/07/2016	2.10	81	DCT	N	NO
1015	05/11/2015	10.47	131	DCT	S	SI
1097	08/05/2016	4.30	119	DCT	N	NO
1093	29/03/2016	5.63	140	DCT	S	NO
1096	02/05/2016	4.50	138	DCT	N	NO
1095	10/04/2016	5.23	122	DCT	N	SI
1100	19/06/2016	2.90	83	DCT	S	SI
1084	02/12/2015	9.57	276	DCT	N	SI
1091	09/01/2016	8.30	215	DQ	N	SI
1083	03/11/2015	10.53	247	DQ	S	NO
1089	23/01/2016	7.83	248	DQ	N	SI
1087	29/12/2015	8.67	253	DQ	S	SI
1085	23/12/2015	8.87	290	DQ	S	NO
1086	25/12/2015	8.80	225	DQ	N	SI

Tabla 8. Tabla de contingencia AINE\*ALT COMPORT

Recuento

		ALT COMPORT		Total
		NO	SI	
AINE	NO	4	9	13
	SI	10	6	16
Total		14	15	29

Tabla 9. Prueba de Chi-cuadrado.

	Valor	GL	Sig. asintótica (bilateral)	Sig. exacta (bilateral)	Sig. exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	2,892 <sup>a</sup>	1	,089		
Corrección por continuidad <sup>b</sup>	1,761	1	,185		
Razón de verosimilitudes	2,950	1	,086		
Estadístico exacto de Fisher				,139	,092
Asociación lineal por lineal	2,792	1	,095		
N de casos válidos	29				

a. 0 casillas (,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 6,28.

#### **4. Bienestar animal en terneros durante el desmochado (Estudio 4)**

El 100% de los animales del grupo 1 (sin tratamiento) se movieron durante el procedimiento, al igual que ocurrió en aquellos tratados con FMP (grupo 2), lo que indicaba que sentían dolor durante el procedimiento. En los grupos en los que se aplicó ANL (grupo 3) y FMP + ANL (grupo 4) se observó que solo un 20% de los animales se movieron durante el desmochado, mientras que en el grupo 5, en el que los animales fueron tratados con FMP + SED + ANL, el 100% de las terneras no evidenciaron dolor mientras se realizaba este procedimiento.

En relación a los distintos parámetros bioquímicos analizados no se observaron diferencias biológicamente importantes entre las terneras de los distintos grupos. A continuación, se muestran los valores obtenidos para cada parámetro analizado.

La muestra 1, tomada antes del desmochado, fue comparada con el resto de muestras para determinar si, en cada grupo de tratamiento, se había producido alguna variación que indicara malestar o dolor. No se registraron variaciones respecto a los niveles de PT, AL o GLB en ninguno de los grupos. Sin embargo, sí hubo cambios significativos para el BHB y para la GL.

En el grupo control, se notó una elevación significativa ( $p < 0.05$ ) de BHB tras el desmochado. Al analizar los niveles de BHB en las terneras tratadas con ANL, se observó que tras el desmochado se producía un incremento significativo ( $p < 0.05$ ) durante los 3 días posteriores en los que se midió este parámetro. En cambio, cuando los animales se trataron con FMP+ANL hubo que esperar 24 h. para apreciar una elevación significativa ( $p < 0.05$ ) de BHB. Hay que resaltar que no hubo diferencias significativas respecto a la 1ª muestra de BHB cuando se administró solo ANL, ni cuando se usó FMP + SED + ANL.

La muestra 1 (tomada a las 8 h del desmochado) de GL se elevó significativamente ( $p < 0.05$ ) en el grupo control y volvió a valores normales a las 24h. No hubo diferencias con el resto de los grupos. Al analizar los niveles de PT, AL y GLB no se apreciaron diferencias significativas en ninguno de los grupos estudiados.

Tabla 10. Comportamiento durante el procedimiento.

ID	NACIMIENTO	EDAD	Movimiento durante procedimiento (SI/NO)
4564	03/11/2017	53	SI
4565	04/11/2017	52	SI
4566	04/11/2017	52	SI
4567	05/11/2017	51	SI
4568	06/11/2017	50	SI
4569	06/11/2017	50	SI
4570	07/11/2017	49	SI
4571	07/11/2017	49	SI
4599	27/12/2017	34	NO
4600	27/12/2017	34	NO
4601	30/12/2017	31	NO
4603	11/01/2018	19	NO
4605	14/01/2018	16	SI
4606	16/01/2018	29	NO
4607	16/01/2018	29	SI
4608	16/01/2018	29	NO
4609	17/01/2018	28	NO
4611	21/01/2018	24	NO
4625	08/02/2018	40	NO
4626	10/02/2018	38	NO
4628	16/02/2018	32	NO
4629	16/02/2018	32	NO
4630	17/02/2018	31	NO
H3906	05/11/2017	51	SI



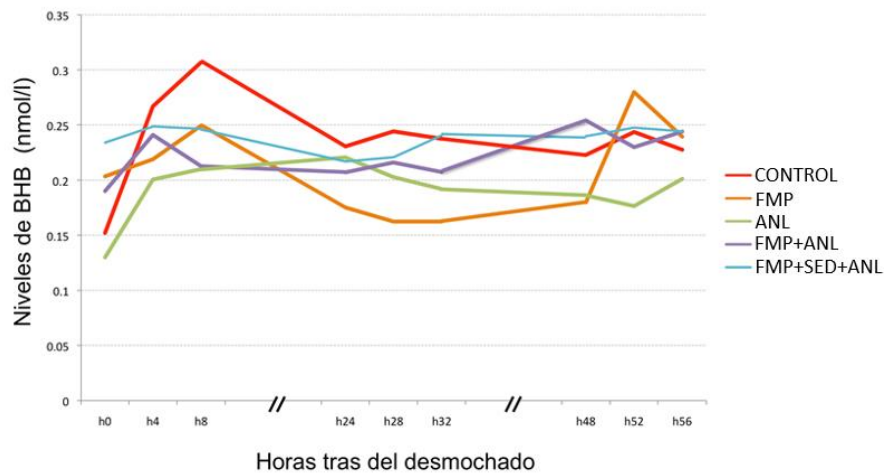


Figura 28. Niveles de  $\beta$ -hidroxibutirato en los grupos de terneras sometidos a diferentes tratamientos.

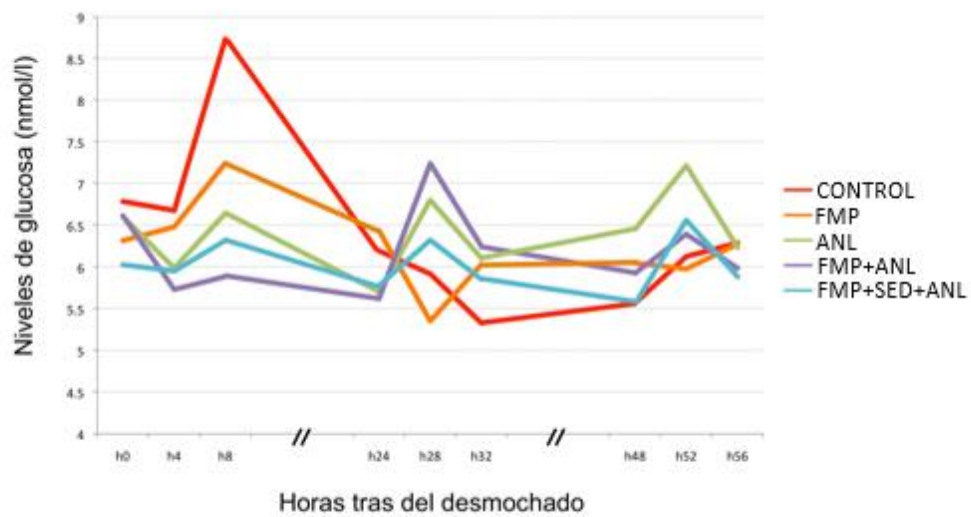


Figura 29. Niveles de glucosa en los grupos de terneras sometidos a diferentes tratamientos.

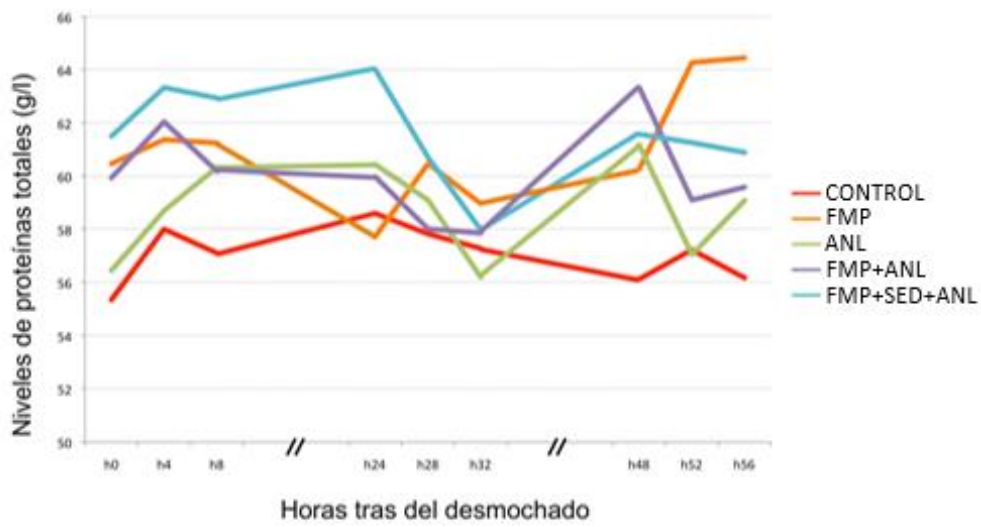


Figura 30. Niveles de proteínas totales en los grupos de terneras sometidos a diferentes tratamientos.

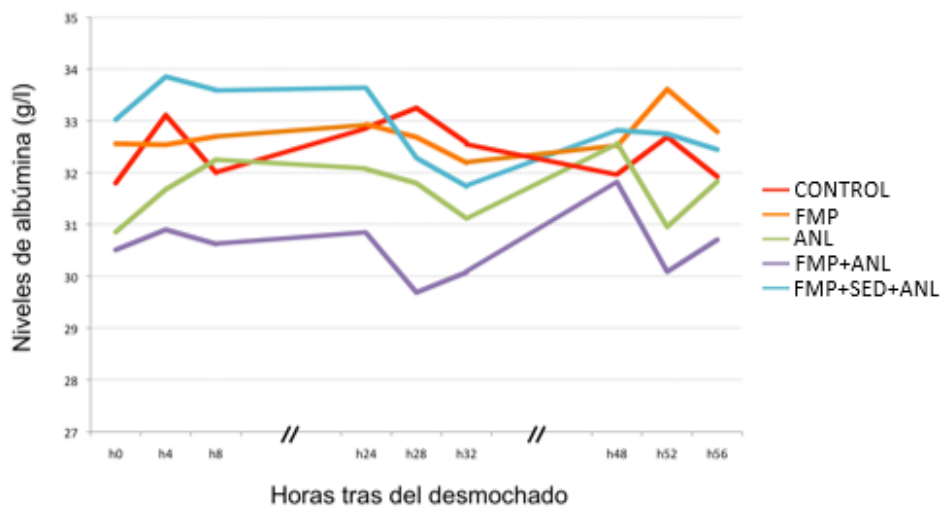


Figura 31. Niveles de albúmina en los grupos de terneras sometidos a diferentes tratamientos.

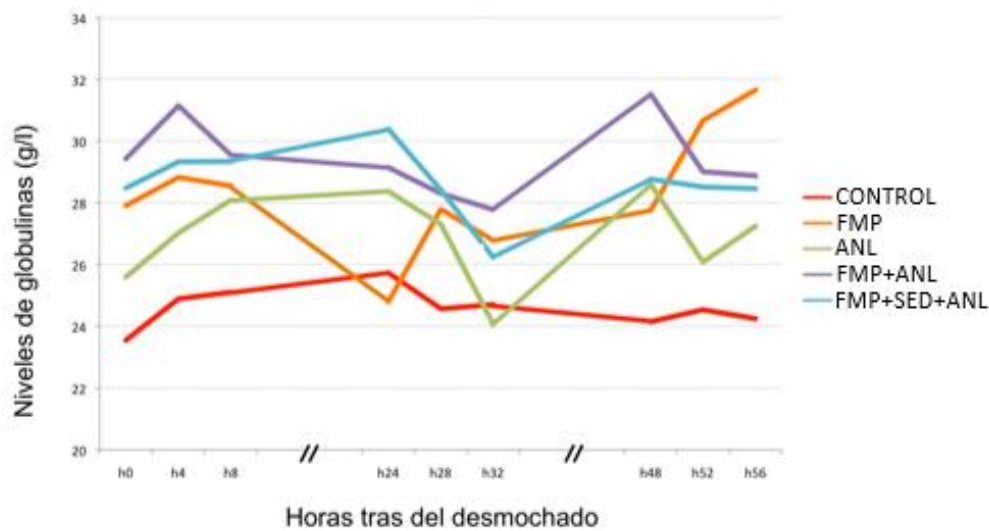


Figura 32. Niveles de globulinas en los grupos de terneras sometidos a diferentes tratamientos.

### 5. Control del parto mediante sensores vaginales de temperatura (Estudio 5)

Se detectaron errores en un 19.5% de los sensores vaginales utilizados debido a: (1) expulsión incorrecta antes del parto, supuestamente como consecuencia de la colocación incorrecta o elección inadecuada de su tamaño (un 3,9% de casos); (2) pérdida fetal a término después de haber sido colocados los sensores, lo que ocasionó que no pudiera registrarse el parto (2.6%); (3) molestias ocasionadas por la presencia del dispositivo intravaginal, por lo que tuvo que ser retirado (1.4%); y (4) el dispositivo intravaginal no se colocó durante el tiempo mínimo requerido para funcionar correctamente (11.7%) debido a que los partos se adelantaron a la fecha prevista y los sensores estuvieron colocados menos de 4 días y, aunque enviaron el mensaje de parto inminente, no lo hicieron con el relativo a "parto esperado en 48 h.", por lo que no pudieron ser apartadas en el box de parto para su monitorización por videocámara (Tabla 11).

Con respecto al total de partos (incluyendo las muertes a término), se registraron un total de 68 partos simples (30 machos y 38 hembras) y 5 partos gemelares (2 macho-macho, 2 hembra-hembra y 1 hembra-macho).

Tabla 11. Intervalo entre las alertas enviadas por los sensores del parto en vacas de diferentes edades. Se muestran los fallos en la emisión de alertas.

N. de parto	Tiempo entre 2º y 3º aviso (horas)					
	0-12 h.	13-24 h.	25-36 h.	37-48 h.	más de 48 h.	
1º	4	10	4	3	0	21
2º	9	3	1	2	1	16
3º o más	5	11	3	3	3	25
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>24</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>62</b>

Tabla 12. Causas por las que se produjeron errores en la emisión de alertas desde los dispositivos.

Causas de error en la medida del dispositivo vaginal	n. vacas
Abortos	2
Expulsados antes de tiempo	3
Retirado por molestias	1
Insertado durante un periodo insuficiente	9
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>

Un total de 62 vacas (80.5%) fueron correctamente monitorizadas durante el parto, emitiendo tanto el 3º mensaje, correspondiente a la alerta de "parto esperado en 48 h.", como el 4º mensaje, relativo a la expulsión del sensor. La 3ª notificación fue enviada en torno a las 26 h. antes del parto, aunque se apreció un amplio rango (desde 120 h. a 6 h. antes del parto). El 67.7% de las vacas parieron antes de que transcurrieran 24 h. tras haberse emitido la alerta mencionada y sólo el 6.5% de las vacas retrasó el parto más de 48 h. tras la alerta (Figura 33).

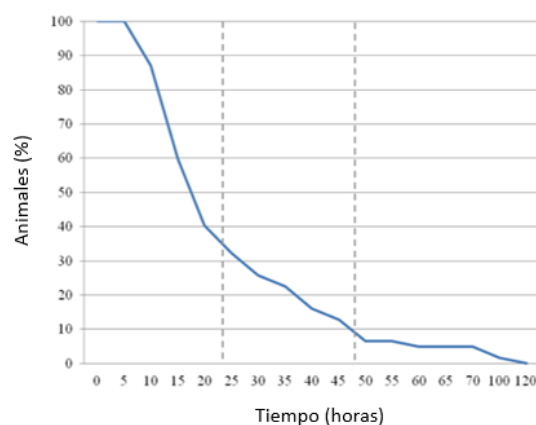


Figura 33. Curva de supervivencia para el tiempo (horas) entre alerta de "parto esperado en 48h" y alerta de "expulsión del sensor" en vacas lecheras monitorizadas con el sistema Vel'phone.

La duración promedio del parto (desde la salida del sensor hasta la expulsión del feto) fue de 116 min., con oscilaciones desde 420 hasta 15 min. Se observó que la duración promedio del parto era significativamente ( $p < 0.05$ ) mayor en novillas (114 min.) que en multíparas de dos o más partos (82 y 87 min., respectivamente) (Figura 34). Un 60% de las vacas finalizaron el parto dentro de los 60 min. después de la expulsión del sensor y el 91% de los terneros fueron expulsados dentro de los 180 min. (Figura 35).

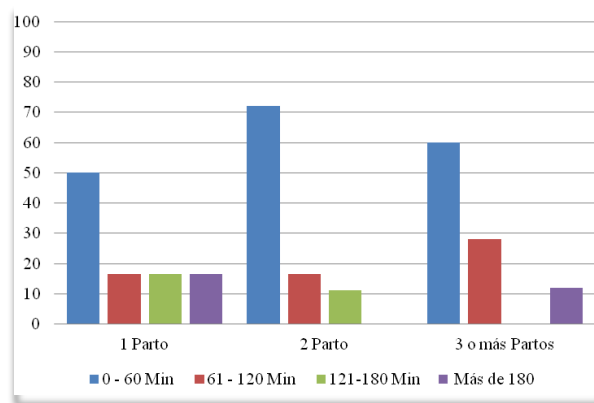


Figura 34. Duración del parto con relación al número de gestaciones que han tenidos las vacas.

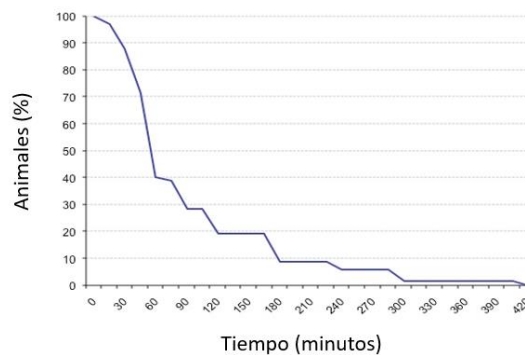


Figura 35. Curva de supervivencia para el tiempo (minutos) entre la alerta "sensor expulsado" y el final del parto en vacas lecheras monitorizadas con el sistema Vel'Phone.

En aquellas vacas que sufrieron retención de placenta tras el parto se registró un intervalo entre el tercer aviso y la expulsión del sensor de  $17.0 \pm 1.7$  h., mientras que dicho intervalo fue más largo en vacas con expulsión correcta de la placenta, aunque las diferencias no fueron significativas. Sin embargo, al comparar las diferencias entre la expulsión del sensor y la finalización del parto se apreció que dicho intervalo era significativamente más largo en vacas con retención placentaria ( $177 \pm 63$  min. frente a  $94 \pm 13$  min.;  $p < 0.05$ ).

**DISCUSIÓN**



## **¿CUÁL ES LA SITUACIÓN EN LA QUE SE ENCUENTRAN LAS GANADERÍAS DE VACUNO LECHERO DEL SUR DE ESPAÑA CON RESPECTO AL BIENESTAR ANIMAL?**

### *ESTUDIO 1. Evaluación del bienestar animal de ganaderías de vacuno lechero en el sur de España*

La evaluación de bienestar llevada a cabo en el sur de España ofrece una foto inicial de dónde nos encontramos en referencia a este tema. Como es evidente por los informes de bienestar, las ganaderías analizadas mostraron resultados moderadamente buenos, lo que sugiere que las prácticas de manejo empleadas son adecuadas y que las vacas podían expresar su comportamiento natural, según los valores de los parámetros relativos a alojamiento que fueron tratados.

Las puntuaciones relativas a alimentación, alojamiento y salud no revelaron deficiencias severas, tal y como también se describe en un estudio similar realizado en Dinamarca (Andreasen y col., 2013). Mientras que las valoraciones sobre alojamiento alcanzaron una clasificación de “buena” o “excelente”, en lo que respecta a parámetros de alimentación y salud el porcentaje de ganaderías “aceptables” y “no clasificadas” fue más alto, subrayando los principales puntos para mejorar el bienestar en el sur de España. Estos resultados coinciden con los documentados por DiGiacinto y col. (2014) en Costa Rica, donde las mejores clasificaciones (82.8%) fueron obtenidas en la valoración del alojamiento y las más bajas en salud (40.1%) y alimentación (38.1%). En el presente estudio, los resultados relativamente buenos en lo que a alojamiento se refiere podrían ser atribuidos al hecho de que existe un especial interés en los ganaderos por mejorar sus instalaciones.

El protocolo WQ considera la ingesta de agua como un parámetro asociado al número y dimensión de los bebederos disponibles para los animales. Teniendo en cuenta que las vacas dedican entre 20-30 min/día a beber agua, los bebederos deben estar adecuadamente dimensionados y con un flujo apropiado. Se estima que deben existir al menos dos puntos de agua para evitar el efecto de la vaca dominante, que reduce y/o impide el acceso al bebedero de otras vacas. Como norma general, el tamaño recomendado de los bebederos debe ser de 10-15 cm/vaca, detalle que debe cuidarse más aún en zonas de climas calurosos, como es el caso del sur de España. Sólo una de las ganaderías evaluadas presentó unas dimensiones adecuadas en sus bebederos, lo que explica parcialmente por qué el 70% de las ganaderías obtuvieron tan solo una calificación de “aceptable” en el bloque de alimentación. La escasez de puntos de agua



podría dar lugar a un descenso en la eficiencia productiva y en el bienestar animal (Fraser y Broom, 1997) y la inadecuada dimensión de los bebederos podría generar un incremento de las interacciones agonísticas entre los animales, limitando el acceso de algunos de ellos (Albright, 1993).

La evaluación de la limpieza de las vacas proporciona información sobre las condiciones ambientales en las que están viviendo, de manera que un ambiente sucio hace que la vaca se sienta incómoda y lo rechace (Phillips y Morris, 2002). A propósito del efecto nocivo que los ambientes sucios tienen sobre la producción higiénica de leche, la termorregulación y la salud, Hauge y col. (2012) señalaron que se debe mantener la limpieza en las ganaderías e incidir en su importancia. En el presente estudio se observó una elevada correlación entre la suciedad de las diferentes partes del animal, tal y como se había descrito en estudios previos (Popescu y col., 2013), y se sugiere que la evaluación de solo una de esas partes de la vaca podría ser suficiente para determinar el grado de limpieza total de los animales. En este sentido, se observa que la limpieza de las vacas varía en función del área del animal evaluada, de manera que cuando la suciedad es valorada en la parte inferior de las patas se aprecian altos porcentajes, entre 88 y 100% (des Roches y col., 2014). Sin embargo, cuando la evaluación se centra en la ubre, el porcentaje de animales sucios se ve reducido (alrededor de un 22%) (des Roches y col., 2014). Así pues, de modo general, la evaluación de la limpieza de los animales está asociada con el manejo global de la ganadería y cuando la evaluación del alojamiento es deficiente nos encontramos ante deficiencias importantes en la limpieza de los animales. Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que las ganaderías con un mayor número de vacas sucias también presentaban bebederos más sucios.

En las ganaderías estudiadas en Andalucía se apreció una correlación positiva entre las colisiones de los animales y el tiempo que necesitaban para tumbarse, algo que parece lógico al estar relacionadas ambas variables con un mal diseño del alojamiento o un mantenimiento inadecuado de la cama. Otros factores, especialmente los de salud, tales como mamitis y laminitis, también están asociadas a un incremento en el tiempo necesario para tumbarse ya que estas patologías aumentan el dolor y el disconfort experimentado por los animales, reduciendo su movilidad.

En la mayoría de las ganaderías no se detectaron animales descansando fuera del área dispuesta para ello, aunque en una de ellas se detectó que un 13.8% de los animales descansaban de forma inadecuada. Esta circunstancia podría deberse a que, particularmente en la citada ganadería, los cubículos habían sido recientemente construidos (aproximadamente 1

mes antes del estudio) y los animales se encontraban a mitad del período de adaptación. Esta observación, resalta la importancia de investigar eventos aislados que podrían afectar al bienestar de los animales.

Las lesiones de piel son comunes en animales que encuentran dificultad para tumbarse en superficies de cemento, lo que fue corroborado en este estudio en el que se corroboró una correlación positiva entre las variables citadas.

Alrededor del 95% de las ganaderías analizadas obtuvieron el nivel de “aceptable” en lo que a salud se refiere, según WQ. Es lógico pensar que la falta de registros relativos a las patologías de la granja podría generar importantes deficiencias sanitarias ya que no es posible establecer y diseñar protocolos preventivos eficaces. Esta desventaja ha sido parcialmente superada en algunos países nórdicos gracias a la implementación obligatoria de este tipo de registros de patologías a nivel de ganadería (Olsson y col., 2001). En referencia a problemas respiratorios, éstos se detectaron con más frecuencia en ganaderías en las que había menor rigor en cuanto a medidas higiénicas (LB, SPT, SCT, y SU), y como consecuencia presentaban mayor concentración de microorganismos y presencia de amoníaco. En lo que respecta a las enfermedades podales, es sabido que tienen gran impacto sobre el bienestar de las vacas, afectando negativamente sobre la producción, reproducción y comportamiento (von Keyserlingk y col., 2009). La prevalencia de cojeras en vacuno lechero en Europa se sitúa entre 1 y 21% en vacas mantenidas en sistemas de alojamiento con movimiento libre (Sogstad y col., 2005). En el presente estudio, las cojeras (teniendo en cuenta sólo los casos severos) alcanzaron un 4.7%, que está en línea con lo documentado por Naceur y col. (2012). Aquellas ganaderías que mostraron un alto porcentaje de cojeras eran eventualmente visitadas por un podólogo para diagnosticar y tratar las patologías podales, mientras que en aquellas otras en las que el ganadero estaba entrenado para reconocer y prevenir los problemas del casco, el porcentaje de cojeras disminuyó significativamente.

En lo que respecta a los procedimientos de desmochado y descornado, se observó que las ganaderías que usaban pasta cáustica mostraron más problemas relativos a bebederos, en LB y FB. Lejos de establecer causa y efecto de la relación entre estos parámetros, estas correlaciones podrían indicarnos qué ganaderos muestran una mayor concienciación en materia de bienestar animal (cuidan los bebederos y evitan los métodos más dolorosos para desmochado-descornado) frente a otros que mantienen malas prácticas.

En términos generales, el tiempo necesario para llevar a cabo la valoración del bienestar por ganadería fue de 6-7 h. En este contexto, la nula o baja variabilidad observada para algunos parámetros (por ejemplo, en AA y AP) nos permite sugerir que esas medidas (incluidas en el protocolo WQ) podrían ser eliminadas, simplificando así el protocolo y optimizando el tiempo invertido en la evaluación. Además, la alta correlación existente entre algunos parámetros, como son los relacionados con la suciedad de las vacas (SPT, SCT y SU), podría también ayudar a simplificar el protocolo, eliminando las mediciones que proporcionan información similar.

Con respecto a las correlaciones entre los datos de bienestar y de reproducción, el porcentaje de vacas del presente estudio que muestran una inadecuada condición corporal está positivamente correlacionado con el intervalo parto-1ª inseminación. Se apreció que cuando el porcentaje de vacas con inadecuada condición corporal (vacas delgadas) era más alto, los animales necesitaban más tiempo para expresar de manera adecuada los signos de celo y ser inseminadas, lo que coincide con las investigaciones de Roche y col. (2009). Aquellas ganaderías clasificadas como “buenas” para los indicadores de alojamiento, mostraron un índice de detección de celos entre 21.5% y 67.5%, mientras que aquellas clasificadas como “excelentes” mostraron valores de entre 41% y 67%. Podría ser que un diseño inadecuado del área de descanso ocasionara una menor expresión de celo entre los animales y, por lo tanto, la detección de celo podría ser más baja. Se observó que el intervalo entre parto-1ª inseminación fue más alto en aquellas ganaderías donde las vacas tardaban más tiempo en tumbarse, sugiriendo que los animales que no se encuentran en ambientes confortables retrasan su expresión de celo. Estas investigaciones están en consonancia con Relić y Vuković (2013), quienes afirman que los riesgos asociados a la reproducción son multifactoriales y que las condiciones de alojamiento están fuertemente implicadas. Con respecto a la evaluación de la salud, aquellas ganaderías donde los animales mostraron alta incidencia de tos y de respiración dificultosa, también presentaron una menor detección de celo y de producción de leche, remarcando la importancia de monitorizar la salud.

Demostrar el cumplimiento del bienestar animal mediante evaluaciones y auditorías se ha convertido en un requisito para las industrias (Rushen y col., 2011). La industria láctea moderna, en la cual uno de los principales objetivos es incrementar la producción de leche cumpliendo los estándares de bienestar animal, requiere de técnicos con habilidades y conocimientos de bienestar animal para conseguir que las vacas sean capaces de vivir de forma agradable en su ambiente productivo, por lo que ganaderos y veterinarios deben ser entrenados con este objetivo.

A la luz de los resultados obtenidos se puede afirmar que la mayoría de las ganaderías incluidas en este estudio muestran un nivel adecuado de bienestar animal bajo los criterios establecidos por el protocolo WQ, alcanzándose una puntuación más alta en la evaluación del alojamiento, mientras que en lo que respecta a alimentación y salud, queda un mayor margen para la mejora. Estos resultados también sugieren que el tiempo necesario para la evaluación del bienestar puede ser reducido, como se deduce al analizar las altas correlaciones detectadas entre ciertos parámetros estudiados. Finalmente, los indicadores de bienestar mostraron correlación positiva con algunos parámetros reproductivos, lo que podría indicar que la mejora de los indicadores de bienestar podría conducir también a la mejora de los índices reproductivos de las vacas lecheras.

## **¿PUEDEN LOS DIFERENTES SISTEMAS DE ALOJAMIENTO INFLUIR SOBRE EL GRADO DE BIENESTAR ANIMAL EN GANADO VACUNO LECHERO?**

### *ESTUDIO 2. Comparación del bienestar animal en vacas lecheras alojadas en cubículos o en cama fría*

Día a día aumenta la preocupación de los consumidores por saber cómo se producen los alimentos que consumen (Cembalo y col., 2016). Impulsado por el interés de los ganaderos y de la sociedad en general en todos aquellos aspectos relacionados con el bienestar de las vacas lecheras, el presente estudio analizó el grado de bienestar (basado en alojamiento, alimentación y salud) en el que se encontraban las vacas cuando eran mantenidas bajo sistemas diferentes de alojamiento en el sur de España. Se describe que el tipo de alojamiento afecta sobre el tiempo de descanso de las vacas y, por lo tanto, sobre su confort (Haley y col., 1999). Aspectos tales como superpoblación, camas incómodas, espacio insuficiente y distancia excesiva hasta el comedero, entre otros, puede afectar negativamente al bienestar de la vaca.

La puntuación global de bienestar no reveló diferencias significativas entre ganaderías en las que se utilizaban cubículos frente a aquellas otras con cama fría. Utilizando un enfoque holístico para esta evaluación de bienestar se apreció que, en general, las ganaderías mostraron puntuaciones más bajas para los indicadores de salud, mientras que los parámetros de alojamiento presentaron buenas puntuaciones en ambos sistemas. En cuanto a los indicadores de alimentación, puntuaciones inapropiadas fueron detectadas en ambos sistemas de alojamiento, mostrando grandes diferencias para este principio. Los resultados sugieren que el

foco de atención debería de centrarse en salud y alimentación para aumentar el bienestar en esas ganaderías.

La mayoría de las medidas de bienestar basadas en los indicadores de alimentación y alojamiento muestran diferencias cuando son valoradas en diferentes ganaderías, pero esto no estuvo asociado al tipo de instalación empleada (cubículo o cama fría). Los indicadores de salud no variaron entre las ganaderías muestreadas. En relación a esto, Popescu y col. (2013) afirmaron que los diferentes sistemas de alojamiento (incluyendo las controvertidas ganaderías en las que los animales se mantienen atados) ofrecen buenas condiciones de bienestar para las vacas y que no es el diseño o el tipo de alojamiento, sino las prácticas incorrectas de manejo, las que en última instancia son responsables del bienestar animal deficiente.

Con respecto al principio de alimentación, las deficiencias de la condición corporal en ganaderías intensivas de leche han sido asociadas con bienestar reducido, el cual está frecuentemente relacionado con enfermedades o instalaciones deficientes. En el presente estudio, el porcentaje de vacas delgadas presentó diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los dos tipos de alojamiento (8.0% y 17.2% en cama fría y cubículos, respectivamente). Estos valores fueron más altos que los reportados por Ostojic-Andric y col. (2011) en Serbia (5.1% y 2.2% en alojamiento con animales libres o atados, respectivamente), pero más bajos que los descritos por Bugueiro y col. (2018) en diferentes tipos de alojamiento en el Noroeste de España (19.4%). Un mayor porcentaje de vacas delgadas ha sido asociado con animales que presentaban cojera severa (Bugueiro y col., 2018), pero en el presente estudio no se detectó correlación entre ambos parámetros. Esa falta de correlación es probablemente debida al hecho de que el protocolo WQ sólo tiene en cuenta a aquellas vacas muy delgadas y muy cojas, lo cual podría no representar adecuadamente el estado de cojera y la condición corporal de todas las vacas de la ganadería. El número medio de vacas por ganadería fue el doble en aquellas que tenían cubículos (105 vacas) frente a las de cama fría (51 vacas). La menor superficie de comedero por vaca en las ganaderías más grandes debido a limitaciones de espacio, junto al lógico incremento de competencia por la comida, podrían explicar parcialmente las diferencias entre el porcentaje de vacas muy delgadas presentes en cubículos y en cama fría. Sin embargo, no se observó correlación entre esos porcentajes y el tamaño de ganadería. El porcentaje de vacas muy delgadas tampoco fue relacionado con el espacio o el número de cubículos por vaca. Al igual que de Boyer y col. (2014), en este estudio se encontró que el porcentaje de vacas muy delgadas mostraba una gran variabilidad entre ganaderías. Las diferencias podrían deberse al número de vacas en el primer tercio de la lactación, donde es más probable que sean etiquetadas como

muy delgadas ( $CC < 2.5$ ), incluso cuando no hay diferencias significativas en la media del número de días en leche (199 d. en cubículos y 233 d. en cama fría).

Respecto a la disponibilidad de agua, las vacas que tienen un insuficiente acceso al agua (asociado con patologías o como consecuencia de bebederos insuficientes) podrían disminuir su consumo de alimento y su producción de leche (Steiger y col., 2001). Se ha descrito que vacas con restricción (sobre un 50%) de agua, sufren una reducción en su producción de leche de aproximadamente un 74% y muestran comportamiento más agresivo (Little y col., 1980). En el presente estudio, la limpieza de los bebederos fue ligeramente peor en cama fría. Sin embargo, había menos vacas delgadas en las ganaderías con cama fría que en las de cubículos y la producción de leche no se vio afectada. Probablemente, la evaluación de la limpieza de los bebederos en el momento puntual de la visita, como establece WQ, no es lo más adecuado y sería mejor preguntarle al ganadero sobre el manejo de los puntos de agua (veces que se limpian y cuándo tiene lugar esa limpieza).

Los indicadores de bienestar referidos al alojamiento de los animales mostraron diferencias consistentes para los que se mantenían en cama fría o en cubículos. La limpieza en las ganaderías es un indicador fundamental de bienestar, ya que las vacas prefieren descansar sobre superficies limpias, secas y suaves (Rushen y col., 2007). En el presente estudio, las vacas alojadas en cama fría mostraron más suciedad que aquellas alojadas en cubículos, dato que coincide con los resultados de Fregonesi y Leaver (2001). Esta diferencia podría ser explicada por un inadecuado mantenimiento de la cama o diseño de las instalaciones. La orientación de las naves es esencial para evitar la entrada de agua de lluvia y para asegurar que el área de descanso esté seca y adecuadamente ventilada. Se apreció que los animales alojados en cubículos estaban más limpios, lo que podía atribuirse a los sistemas automatizados de limpieza (arrobaderas) que acompañaban a este tipo de alojamiento.

También se observó que las vacas alojadas en cubículos sufrían más colisiones con el equipamiento que aquellas alojadas en sistemas de cama fría. Las colisiones con los elementos físicos de la nave pueden deberse a defectos podales que provocan desequilibrios al evitar cargar su peso sobre una extremidad con dolor (Cook y Nordlund, 2009). Mientras que en los alojamientos de cama fría no se observaron colisiones, en aquellas alojadas en cubículos se alcanzó un 15.2% de colisiones (<20% es considerado normal), menor que el descrito por otros autores en sistemas de vacas atadas (Ostojic-Andric y col., 2011).

Uno de los factores que más influye en la elección del tipo de alojamiento es el confort del material de la cama (Fregonesi y Leaver, 2002). En este estudio se utilizó estiércol seco como material para las camas en todas las ganaderías participantes debido a su menor precio y a la ausencia de problemas sanitarios cuando es manejado correctamente (Husfeldt y col., 2012). Por otro lado, un mantenimiento inadecuado de la cama (por ejemplo, un grosor incorrecto de la misma) puede convertirse en una zona de descanso incómoda (muy dura) para la vaca, incrementando el tiempo requerido para tumbarse. Sin embargo, en este presente, TNT fue similar para ambos sistemas (4.6 y 4.8 segundos en cama fría y en cubículos, respectivamente), ajustándose al valor óptimo marcado por el Welfare Quality® (<5.2 segundos).

Todas las ganaderías con sistemas de cama fría tenían áreas exteriores de esparcimiento, mientras que muy pocas ganaderías con cubículos disponían de ese espacio. Esto es probablemente debido a que los ganaderos eligen la construcción de cubículos cuando el área del que disponen es limitada. Tener acceso a áreas exteriores puede proporcionar mejores condiciones de bienestar para las vacas, como demuestran ciertos estudios en los que los tratamientos médicos se veían reducidos cuando los animales realizaban ejercicio regular al aire libre (Regula y col., 2004). Sin embargo, en el presente estudio no hubo diferencias significativas para las medidas de salud entre las ganaderías con y sin acceso a áreas exteriores, y podría sugerirse que el espacio disponible por vaca no fue ninguna limitación para el bienestar animal en las ganaderías estudiadas, incluso en aquellas en las que no había dicho acceso al exterior.

Al analizar los indicadores de salud se apreció que DN y DV mostraron porcentajes significativamente más altos en cubículos que en cama fría. En este sentido, Oltenacu y Algers (2005) sostienen que las vacas de leche son particularmente susceptibles al estrés y a desórdenes metabólicos, fisiológicos e inmunológicos debido a la selección genética a la que han sido sometidas para obtener una elevada producción de leche, algo que destaca la importancia de proporcionar un manejo exquisito a las vacas de leche para evitar problemas. En este contexto, Trevisi y col. (2006) concluyeron que, si las vacas de alta selección genética son manejadas adecuadamente, es posible obtener altas producciones y proporcionar buenas condiciones de bienestar simultáneamente. En el presente estudio se observaron producciones de leche similares, sin importar en qué tipo de alojamiento se encontraban los animales, de acuerdo con Haley y col. (1999). El mayor porcentaje de secreciones nasales que se observaron en los sistemas con cubículos podría deberse al polvo producido mientras se esparcía el material de las camas, el cual podría impactar con el metal que conforma el cubículo y luego con los animales, reduciendo la resistencia de la vaca a infecciones y alergias (Zappavigna y col., 2014).

El material de cama en cubículos suele ser añadido cada 12 días de media, mientras que en cama fría el material nuevo se echa dos veces al año. Aunque las vacas no están presentes en el patio cuando la cama es incorporada, se encuentran en zonas colindantes y el polvo puede persistir en el caso de que se encuentren en climas secos, como es el caso en este estudio. Por otro lado, también se detectó un alto porcentaje de descargas vulvares en cubículos, que podría explicarse por un compromiso de la actividad del sistema inmune, como antes se mencionó.

Un elevado número de vacas con cuernos fueron registradas en ganaderías con cama fría, en las cuales se utilizaba descornado químico (en el 57%) y descornado por cauterización (en el 43% restante). Por su parte, en las ganaderías con cubículos se empleaba principalmente el procedimiento de termocauterización (en 83%). Aspectos asociados con el desmochado o descornado (como tipo de procedimiento o el uso de anestesia y/o analgesia) tienen un impacto importante en la valoración del bienestar. Así pues, si el descornado por cauterización es llevado a cabo usando anestesia y analgesia, la puntuación obtenida por WQ será alrededor de tres veces más alta. En este caso, en las ganaderías normalmente no se usaba ni anestesia ni analgesia. Aunque el procedimiento de descornado es independiente del tipo de alojamiento, un mayor porcentaje de vacas con cuernos y el uso de pasta cáustica para el descornado en ganaderías con cama fría podría indicarnos que estos ganaderos son menos conscientes de cómo esto afecta al bienestar animal.

Los sistemas de alojamiento influyen en los rendimientos reproductivos de las vacas lecheras (Barberg y col., 2007) y se ha observado que, si se impide que las vacas se tumben, se producirán variaciones en el eje hipotálamo-adenohipófisis-adrenal (Munksgaard y Simonsen, 1996). Esto refuerza la idea de que cuando los sistemas de alojamiento son óptimos, se pueden mejorar los parámetros reproductivos, entre otros. Las vacas alojadas en cama fría pasan más tiempo descansando y rumiando que aquellas que se alojan en cubículos, y Phillips y Schofield (1994) describieron un reducido intervalo entre parto y concepción en vacas alojadas en cama fría frente a aquellas que lo hacían en cubículos, lo cual puede ser atribuido a unas mejores condiciones de bienestar. En el presente estudio, sin embargo, no se observaron diferencias para parámetros reproductivos cuando cama fría y cubículos fueron comparados, dato coincidente con Fregonesi y Leaver (2001), quienes no encontraron diferencias para el intervalo entre parto-1<sup>ª</sup> estro o para la fertilidad. Sin embargo, los valores reproductivos en sistemas de cubículos presentaron mucha más variabilidad que en cama fría. Esto probablemente evitó que las diferencias observadas fueran significativas, a pesar de que algunos parámetros, como p.e. el intervalo entre partos, mostraron valores medios en cubículos bastante más altos que en



cama fría. Estas diferencias pueden deberse probablemente al uso de sistemas automáticos de detección de celos y no al sistema de alojamiento, ya que se observaron intervalos de parto ligeramente más largos (487 d. versus 443 d.,  $p=0.06$ ) y una menor detección de celos (43.3% versus 57.3%,  $p=0.002$ ) en aquellas ganaderías que usaban esos sistemas. Se puede pensar que los ganaderos que disponen de sistemas automáticos de detección de celos se basan únicamente en esta tecnología, sin dedicarles tiempo a la observación del comportamiento de los animales. Esto podría tener un impacto negativo en los índices reproductivos en el caso de que la tecnología no funcionase correctamente.

En general, es probable que la sociedad continúe aumentando la demanda de alimentos producidos de una manera respetuosa para el bienestar de los animales (Croney y Botheras, 2010) y, por lo tanto, es necesario continuar realizando estudios de este tipo para proporcionar información a los ganaderos y técnicos en esta materia.

Para concluir, todas las ganaderías incluidas en este estudio mostraron una buena calificación en cuanto al alojamiento, mientras que la alimentación y la salud ofrecían un inmenso margen de mejora. Una de las propuestas para aumentar la puntuación de bienestar en estas ganaderías debe ser dirigida hacia la implementación de anestesia y analgesia para llevar a cabo el desmochado de los terneros en las primeras edades (alrededor de los 30 d. de edad), entre otras intervenciones. Por otra parte, tanto el sistema de cama fría como el de cubículos muestran fortalezas y debilidades en lo que a bienestar animal se refiere. Los sistemas de cama fría fueron inferiores en términos de limpieza de animales y de los bebederos, mientras que los cubículos presentaron algunos problemas relacionados con la colisión de los animales con el alojamiento y con la descarga nasal, ésta última debida probablemente al polvo y/o a las deficiencias del sistema inmunológico en las vacas. En cuanto a rendimiento reproductivo, este fue similar en ambos sistemas de alojamiento analizados. Las prácticas de manejo, como la superficie disponible por vaca, parecen tener un mayor impacto en el bienestar animal que el tipo de instalación y, en este sentido, consideramos que el protocolo WQ presenta algunas limitaciones para evaluar el bienestar, ya que la información de manejo no está incluida en él y los datos que se obtienen son referidos a visitas puntuales a las ganaderías, que podrían no ser representativos.

## **¿CÓMO INFLUYE LA APLICACIÓN DE AINES POUR-ON SOBRE LA RESPUESTA DE LAS TERNERAS AL DESCORNADO?**

### *ESTUDIO 3. Evaluación del comportamiento post-descornado tras la utilización de un AINE pour-on previo al descornado*

Huber y col. (2013) elaboraron el primer estudio para analizar el efecto del flunixin meglumine durante el descornado, el cual se aplicaba vía parenteral y se repetía para mantener los niveles óptimos de analgesia. El flunixin meglumine, según documentó Ungemach (2006), tiene una vida media de 3-8 h., aunque otros autores indican que está por encima de las 26 h. (Odensvik y Johansson, 1995).

Las manifestaciones comportamentales de estrés causadas por el descornado, y que pueden ser consideradas como una evidencia de dolor agudo, han sido descritas en diversos estudios (Grondahl-Nielsen y col., 1999; Faulkner y Weary, 2000; Milligan y col., 2004; Sylvester y col., 2004). Las sacudidas y frotamientos de la cabeza, así como movimientos de las orejas, fueron los comportamientos más frecuentes según Huber y col. (2013), lo que coincide con otros estudios previos (Faulkner y Weary, 2000; Milligan y col., 2004; Heinrich y col., 2010). Además, se describe que cuando se usan AINEs en el momento del descornado, los terneros permanecen un mayor tiempo en el comedero y, por tanto, tienen una mayor ganancia media diaria (GMD) en comparación con animales no tratados (Faulkner y Weary, 2000; Baldrige y col., 2011; Coetzee y col., 2012; Theurer y col., 2012). La mejoría en la rumia ha sido descrita también en algunos estudios (Sylvester y col., 2004; Stafford y Mellor, 2011;). Por los motivos antes descritos se decidió cuantificar el dolor en los animales atendiendo a esos patrones comportamentales. Un 37.5% de los terneros a los que se les aplicó FMP mostraron alteraciones en el comportamiento, mientras que en el grupo control (sin tratamiento) se elevó hasta un 69.2%, lo que demuestra que la aplicación de FMP antes del descornado no anula por completo el dolor en los animales.

La ANL tiene una acción máxima de 2-3 h. (McMeekan y col., 1998a) y posteriormente aparece un dolor asociado al proceso inflamatorio debido al daño tisular originado. La duración del dolor post-descornado puede extenderse hasta 44 h. (Heinrich, 2007), por lo que será necesario administrar una terapia analgésica que ejerza su acción durante al menos 72 h. (Stafford y Mellor, 2011). Como consecuencia del proceso doloroso post-descornado, es recomendable administrar un AINE para mitigar los efectos no deseados, ya que pueden tener repercusión a nivel productivo. Existen diferentes AINEs que pueden usarse para tal fin. El ketoprofeno ayuda

a disminuir el componente inflamatorio (McMeekan y col., 1998b) pero, como consecuencia de su corta vida media (0.42 h.), debe repetirse su administración para mantener su acción analgésica (Landoni y col., 1995). Por esta razón, el ketoprofeno no es el tratamiento de elección, ya que requiere su aplicación parenteral durante 3 días seguidos.

Los beneficios del meloxicam han sido descritos en varios estudios (Heinrich y col., 2009; Heinrich y col., 2010; Theurer y col., 2012; Coetzee y col., 2012). Heinrich y col. (2009) observaron que terneros de 6-12 semanas de edad tratados con 5 ml. de lidocaína 2% en los 10 min. previos al descornado experimentaron un aumento de cortisol a las 0-6 h. post-descornado, mientras que en otros tratados con ANL y 0.5 mg/Kg de meloxicam intramuscular se retrasó la elevación de cortisol; a las 24 h. post-descornado ya no se apreciaron diferencias significativas. Además, el ritmo respiratorio y cardíaco fue inferior en animales tratados con meloxicam. Theurer y col. (2012) observaron que terneros de 10 semanas de edad tratados con meloxicam vía oral (0.5 mg/Kg) en el momento del descornado pasaron más tiempo en el comedero a los 2-6 d. que aquellos sin tratamiento. Coetzee y col. (2012) trataron terneros de 16-20 semanas de edad con meloxicam intravenoso (0.5 mg/Kg) al momento del descornado, lo cual consiguió una significativa ganancia de peso pasados 10 d. tras el descornado. Por lo tanto, se demuestra que los AINEs deben utilizarse prácticamente de manera obligatoria cuando se realiza el descornado.

Los efectos del flunixin meglumine durante el descornado no están muy estudiados en la literatura y tan sólo dos experimentos (Stilwell y col., 2008; Stilwell y col., 2009) analizaron su efecto en terneros en los que se llevó a cabo el descornado químico, midiendo la respuesta del cortisol. Dado que en la actualidad se comercializa el flunixin meglumine en dosis única para aplicación pour-on, cuya acción antiinflamatoria se considera muy duradera (Kleinhenz y col., 2016; Thiry y col., 2017), es interesante evaluar su efecto en el procedimiento de descornado de terneros.

El presente estudio empleó FMP en una sola aplicación, ya que se mantenía su efecto durante las 72 h. siguientes, siendo beneficioso tanto a nivel productivo como de bienestar. La aplicación del FM se llevó a cabo entre las 2.7-3.0 h. antes de efectuar el descornado, ya que la absorción del producto tenía lugar alrededor de las 2 h. posteriores a su administración. En el conjunto de animales tratados con FMP, el 62.5% no mostró alteraciones comportamentales indicativas de dolor en las 5 h. posteriores a haberse realizado el descornado. La ausencia de signos de dolor, tales como frotamiento de la cabeza, movimientos de las orejas y ausencia de rumia, entre otras, podría deberse a que el flunixin meglumine tiene una potente acción inhibitoria sobre el sistema

de la ciclooxigenasa (COX-1 y COX-2), lo que le confiere propiedades analgésicas, antipiréticas y antiinflamatorias. Este sistema convierte el ácido araquidónico en endoperóxidos inestables cíclicos, que se convierten en prostaglandinas, prostaciclina y tromboxano, sustancias que participan en procesos inflamatorios y dolorosos, así como en la regulación de la temperatura corporal.

Hay que tener en cuenta que el coste de los analgésicos es citado como un factor limitante en su uso en ciertos procedimientos dolorosos (Coetzee y col., 2010; Hewson y col., 2007). Sin embargo, a la vista de los resultados y de la respuesta de los ganaderos cuando se les informó de los efectos beneficiosos detectados sobre el bienestar de los animales, notamos que a pesar de suponer otro gasto más para la ganadería, está claramente justificado y es fácilmente aceptado por el ganadero.

La mayoría de los animales pertenecientes a dicha prueba (23 de los 29 terneros) se descornaron por cauterización, por ser ésta la técnica más recomendada. En este sentido, Morisse y col. (1995) describieron que los terneros descornados con pasta cáustica a las 4 semanas de edad mostraron un mayor incremento de los niveles de cortisol plasmático que aquellos descornados por cauterización a las 8 semanas de edad.

En estudios realizados en personas que habían sufrido lesiones por quemaduras, Summer y col. (2007) describen la aparición de dolor crónico, parestesia (hormigueo provocado por algún tipo de presión sobre los terminales nerviosos) y disestesia (percepción táctil anormal y desagradable que, con frecuencia, se presenta como ardor o picazón). Estos mismos síntomas podrían trasladarse a las terneras durante los procedimientos de descornado, aunque no tenemos a punto la metodología que permita evaluarlo en animales. Una opción podría ser instalar un cepillo para que los animales pudiesen tener la opción de rascarse en aquellos casos en los que aparezca, por ejemplo, parestesia. Tampoco se encontraron estudios que tuvieran en cuenta el contacto social, la succión “no nutricional” y el comportamiento durante el consumo de leche como indicadores de dolor, a pesar de que en este estudio sí se observaron diferencias cuando los animales mostraban o no dolor.

En este estudio, se observaron datos bastante relevantes, ya que a más de la mitad de los animales a los que se les aplicó FMP no mostraron alteraciones comportamentales indicativas de dolor en las 5 h. posteriores a haberse realizado el descornado.

## **¿QUÉ PROTOCOLO DEBE SEGUIRSE PARA REDUCIR EL DOLOR DURANTE EL DESMOCHADO EN TERNEROS?**

### *ESTUDIO 4. Evaluación de la eficacia del uso de sedación, anestesia local y/o antiinflamatorios previos al desmochado sobre el comportamiento y los parámetros bioquímicos*

El período de recría supone el 15-20% del coste de producción de 1 litro de leche. Con este escenario es muy importante prestar atención a nuestros animales en edades tempranas, ya que el manejo que reciban en este período va a tener una gran repercusión en las futuras lactaciones (Bach y Ahedo, 2008; Daniels y col., 2009; Castells y col., 2013). Un estudio meta-analítico reveló que por cada 100 g/d de GMD durante los primeros 60 días, se aumenta la producción lechera en la 1ª lactación en hasta 225 Kg (Gelsinger y col., 2016), resaltando la atención que se debe prestar a esta etapa temprana de la vida.

Unas prácticas cruentas y dolorosas que se llevan a cabo en la recría es el desmochado o el descornado. Estas actuaciones se realizan de forma rutinaria en las ganaderías y deben realizarse bajo el efecto de un AINE y un ANL. Durante y después del procedimiento, el animal siente dolor y lo pone de manifiesto a través de diversos patrones comportamentales, pudiendo también afectar a una disminución de la ingesta de leche y/o pienso, lo que conduce hacia una menor GMD.

Se llevó a cabo un estudio para analizar el efecto de diferentes protocolos de sedación y analgesia durante el desmochado por cauterización térmica sobre diferentes parámetros bioquímicos (BHB, GL, PT, AL y GLB) y sobre la conducta de los animales. En base a los patrones comportamentales observados, se puede afirmar que los terneros a los que se les aplicó FMP, SED y ANL previo al desmochado no mostraron indicios de dolor durante el procedimiento. Aunque se podría deducir que la mejor alternativa en la terapia preventiva para el desmochado sería la aplicación de FMP + SED + ANL, hay que resaltar que cuando se aplicó un tratamiento con ANL o con FMP + ANL, muy pocos animales mostraron algún signo de dolor. Resulta interesante analizar otras variables que podrían condicionar nuestra elección terapéutica, como la mano de obra. En ese caso, si se dispusiera de poco personal para llevar a cabo estas actuaciones de desmochado, se debería optar por la SED, mientras que si existiera suficiente mano de obra podría recomendarse la aplicación de ANL.

Los efectos de la SED en terneros antes la inyección de un ANL ha sido objeto de varios estudios (Grøndahl-Nielsen y col., 1999; Vickers y col., 2005). Quizás la principal ventaja que se

deriva de la administración de xilacina durante el citado procedimiento es que el manejo del ternero resulta mucho más fácil para aplicar de anestésico local (Grøndahl-Nielsen y col., 1999). Cuando se administra FMP y ANL previo al desmochado o descornado se elimina la respuesta del dolor agudo, pero el efecto de la inflamación crónica y el dolor posterior han sido escasamente estudiado (Stock y col., 2013). Con este propósito, en el presente estudio se administró FMP en dosis única, cuya antiinflamatoria tiene larga acción (Kleinhenz y col., 2016; Thiry y col., 2017). Resulta fundamental controlar la duración de la aplicación de calor con el fin de evitar quemaduras graves, que suelen aparecer cuando se actúa con el cauterizador durante más de 7 segundos.

Existen numerosos marcadores que reflejan el grado de dolor que sufren los animales durante el desmochado como la sustancia P, cortisol, haptoglobina, prostaglandinas (PGE<sub>2</sub>) y neutrófilos circulantes. Pero en este estudio se cuantificaron otras sustancias cuya variación podría informarnos, de forma indirecta, de la capacidad de consumo de leche y/o pienso, como fue la BHB y la GL. Además, se cuantificaron PT, AL y GLB para descartar posibles patologías durante el período de estudio.

Son muchos los factores que pueden modificar a los marcadores que elegimos en el presente trabajo. Así, Suárez-Mena y col. (2016) describen que los niveles de BHB y GL están afectados por la edad, hora del día, estrés, destete y restricción de la ingesta. Hay que resaltar que tanto los niveles de BHB como los de GL empiezan a aumentar entre los 40-44 días de edad. Respecto a los niveles de BHB, fueron inferiores en aquellos animales tratados con ANL y con FMP tras 24-52 h. después el desmochado. En el caso de las terneras tratadas con ANL, el efecto de la anestesia desapareció en torno a las 3 h., por lo que es posible que los animales de este grupo hayan reducido el consumo de pienso y, por lo tanto, vean disminuidos los niveles de BHB. En el caso del grupo tratado con FMP, en las muestras tomadas a las 8 a.m., durante los 2 días consecutivos, los niveles de BHB disminuyeron (dato que podría explicarse por la conducta alimentaria en el ternero que normalmente come pienso tras haberse tomado la leche, hecho que ocurre posterior a las 8 a.m.); sin embargo, en las muestras tomadas a las 12 p.m. estos valores se normalizaron (el ternero en condiciones normales y saludables ha ingerido pienso). En los grupos de FMP + ANL y en el de FMP + SED + ANL, los valores de BHB en las 3 muestras tomadas en cada uno de los días no mostraron variaciones, indicando un nivel de ingesta similar. Sin embargo, fue en el último grupo en el que los valores apenas variaron, por lo que podría recomendarse el uso conjunto de FMP + SED + ANL como tratamiento de elección para el desmochado de terneros.

Los niveles de GL permanecieron elevados en terneros (0.80-1.20 g/l) (Dürr, 1980), descendiendo a partir de la 8ª semana de vida (Gómez Piquer, 1992), momento en el que el metabolismo del animal se transforma de monogástrico a rumiante y la glucemia disminuye un 50%, hasta 0.4-0.7 g/l (Kolb, 1987). Altos niveles de GL en los animales menores de dos meses pueden ser reflejo de las condiciones nutricionales y endocrinas del sujeto, pero también se apunta a la posibilidad del neonato de disponer de la grasa parda durante los primeros seis meses de vida para su termorregulación, ocasionando una menor utilización directa de GL. El ternero lactante depende de la absorción intestinal de glucosa durante al menos los dos primeros meses de vida. Hay que tener en cuenta que en neonatos es frecuente la insulino-resistencia, que supone una acción refractaria de los tejidos a la acción de la insulina ocasionando una inadecuada utilización de la GL (Sellén y col., 2009).

Los niveles de GL en el grupo control sufrieron un importante incremento a las 8 h., mientras que no se apreció ese pico en el resto de grupos. Es posible que esto pueda asociarse al stress experimentado por los animales tras el desmochado cuando no recibían ningún tratamiento antiálgico (ya fuera sedante, anestésico o antiinflamatorio). De forma general, no se apreciaron variaciones en los niveles de GL en las muestras tomadas a partir de la 24 h., aunque se notó un ligero descenso no significativo en el grupo control, que podría justificarse por una menor ingesta de leche debida al dolor por el desmochado.

La determinación de PT pretende evaluar la condición nutricional e inmune del individuo (Brett, 2006). En el presente estudio, los valores de proteínas totales aportaron información sobre el estado de salud de los animales y poder evaluar a posteriori y de forma objetiva si algunos de los restantes parámetros evaluados (GL y BHB fundamentalmente) aumentaban o disminuían por la presencia de alguna patología. El sistema inmune en los bovinos empieza a producir su propia inmunoglobulina a partir de la 3ª semana de vida. En la 1ª semana, los niveles son relativamente estables y posteriormente existe un descenso progresivo de las proteínas séricas adquiridas en el calostro. Durante estas tres primeras semanas de vida, el animal es más susceptible a padecer enfermedades, más aún si el nivel inicial de inmunoglobulinas no es el apropiado (Brett, 2006). El incremento de las proteínas en sangre normalmente viene ocasionado por deshidratación (pérdidas a nivel intestinal y a nivel renal) o por un exceso en el consumo de agua, lo que provoca una dilución de las proteínas plasmáticas (p.e. animales que estén recibiendo terapias intravenosas), por lo que cuando se detecta un incremento en los niveles de proteínas y la causa no es ninguna de las anteriormente citadas, se está produciendo una elevación de GLB en respuesta a antígenos por parte de las células del plasma (infecciones

o abscesos) (Koiwa y col., 2005). Respecto a las PT y GLB, no se apreciaron variaciones significativas en ninguno de los grupos estudiados. A la vista de los resultados, el presente estudio mostró que los niveles de BHB y/o GL podían variar cuando los animales sufrían dolor asociado al desmochado. Debemos afirmar que el uso de ciertos parámetros bioquímicos no ofrece resultados concluyentes acerca del dolor que sufren los terneros durante el desmochado. Esta conclusión concuerda con estudios previos en los que se demuestra que las alteraciones comportamentales son más sensibles que otros tipos de marcadores (Stock y col., 2013). En el presente estudio no se determinaron los biomarcadores específicos de estrés agudo e inflamación (cortisol, haptoglobina), sino que se recurrió a otros parámetros bioquímicos que podrían ser más fácilmente determinados a nivel de campo, aunque finalmente se ha demostrado que no ofrecen ninguna información.

Algo muy distinto ocurrió cuando se evaluaron los patrones comportamentales durante el desmochado. En base a la conducta, los protocolos más recomendados para llevar a cabo esta práctica fueron aquellos que incluían un anestésico local, es decir, FMP+SED+ANL, ANL ó FMP+ANL.

## **¿ DE QUÉ MANERA EL USO DE SENSORES PARA MONITORIZAR EL PARTO PUEDE MEJORAR EL BIENESTAR EN LAS VACAS?**

### *ESTUDIO 5. Monitorización del parto mediante termosensores intravaginales*

Resulta muy interesante conocer cuándo se va a producir o se está produciendo el parto con objeto de monitorizarlo y, en caso necesario, intervenir para asegurar la viabilidad del ternero y/o de la vaca. Estos sistemas pueden resultar especialmente efectivos en ganaderías de gran tamaño, incrementando la monitorización de los animales y pudiendo reducir las pérdidas asociadas a problemas del periparto. Con respecto a los sensores vaginales de temperatura, diferentes estudios demuestran que no se producen cambios durante los 4 últimos días antes del parto, aunque poco antes de la expulsión se nota un descenso medio de 0.3°C (Burfeind y col., 2011; Streyll y col., 2011; Ouellet y col., 2016).

Es importante señalar que, aunque este tipo de sistemas alertan al ganadero de que el parto ocurrirá en las siguientes 48 h., alrededor del 68% de las vacas de este estudio parieron dentro de las 24 h. siguientes a la recepción de dicha alerta, indicando que este sistema es más preciso de lo que a priori podría esperarse, reduciendo el rango para la predicción del parto. Los



resultados obtenidos sugieren que, cuando transcurren más de 48 h. entre la tercera alerta y la expulsión del sensor, podemos encontrarnos con algún problema al parto y se recomienda realizar un examen clínico urgente de la vaca. Cuando los dispositivos se colocaron en la fecha recomendada, es decir, entre 6 y 8 d. antes de la fecha prevista de parto, se apreciaron errores (alrededor de 5%) debidos a partos adelantados. La monitorización del parto con videocámara demostró que su duración era unos 29.5 min. mayor en novillas que en vacas, de acuerdo con Palombi y col. (2013). Además, la visualización mediante videocámara permitió determinar si se trataba de partos eutócicos o distócicos.

La inserción intravaginal de estos dispositivos puede provocar molestias en los animales, que serían más agudas en novillas debido a su menor tamaño y mayor sensibilidad. Este disconfort se evidencia porque las vacas levantan de forma reiterada la cola, separando los cuartos traseros. Las molestias suelen ser transitorias, desapareciendo minutos después de la colocación del dispositivo, pero en ocasiones, dicho malestar continúa durante mucho tiempo, debiendo ser retirado.

En el presente estudio también se analizó la relación entre los intervalos entre alertas emitidas por los sensores de temperatura vaginal y la presentación de partos distócicos o retenciones placentarias. En este sentido, aquellas vacas con partos de duración superior a 180 min. mostraban mayor probabilidad a padecer retención placentaria.

A la vista de los resultados obtenidos se puede concluir que los sensores de temperatura intravaginales son un buen sistema predictor de partos a tiempo real, a pesar de que hay que resaltar que pueden aparecer problemas asociados a retrasos en la colocación de dispositivos, propios de las oscilaciones de la fecha estimada de parto. Estos sensores mejoran la rentabilidad en las ganaderías lecheras, reducen las pérdidas asociadas al parto anormal y mejoran la monitorización de las vacas. Además, cuando se combinan estos dispositivos con cámaras de video en tiempo real podemos afirmar que se puede reducir la mortalidad perinatal. En este momento, es realmente interesante aumentar el valor predictivo de esta tecnología y estimar la probabilidad de que se produzcan ciertas alteraciones periparto, como distocias o diversas patologías puerperales.

## **¿SERÍA POSIBLE EVALUAR EL BIENESTAR ANIMAL EN VACAS LECHERAS ÚNICAMENTE MEDIANTE SISTEMAS BASADOS EN SENSORES ?**

### *ARTÍCULO 6. La implantación de sensores multifunción podría ayudar en la monitorización automática del bienestar animal en vacas lecheras: una propuesta de futuro*

En la presente Tesis Doctoral, con objeto de analizar el futuro de la evaluación del bienestar animal basado en el protocolo Welfare Quality®, se discute cómo podrían implementarse métodos de evaluación basados en datos recopilados por sensores, frente a los actuales métodos de evaluación centrados en datos obtenidos en visitas puntuales a las ganaderías. Este enfoque podría proporcionar datos continuos y objetivos, siendo menos costoso y requiriendo menos tiempo. A continuación, se revisan y discuten las tecnologías de ganadería de precisión (PLF) que permiten llevar a cabo la monitorización del bienestar animal de acuerdo con el protocolo Welfare Quality®. Existen medidas que no pueden ser evaluadas por las tecnologías actuales, pero otras se encuentran en desarrollo. Pensando en las ganaderías lecheras del futuro, es necesaria la implantación de tecnologías PLF multipropósito y no invasivas. Por último, a continuación se discute acerca de las preocupaciones sociales que rodean a la digitalización.

El bienestar es un concepto multidimensional que abarca la ausencia de sufrimiento, altos niveles de actividad biológica, ausencia de enfermedades y potencial para que los animales tengan experiencias positivas (Fraser, 1993). El BA se ha convertido en una de las principales prioridades de los ciudadanos de los países ricos, liderando el desarrollo de métodos de evaluación y los subsiguientes esquemas de certificación. Los métodos de evaluación del BA han evolucionado durante las últimas décadas. Al principio, se propusieron medidas únicas para proporcionar una evaluación amplia del BA, como la determinación de niveles de corticosteroides (Barnett y Hemsworth, 1990) o la longevidad de los animales (Geers y col., 2003). Sin embargo, ninguna de estas medidas únicas cubre todas las dimensiones del bienestar. En consecuencia, varios métodos se propusieron para realizar una evaluación global, combinando los resultados obtenidos en medidas de bienestar individual. Botreau y col. (2007a) publicaron una revisión de nueve de estos métodos generales de evaluación, destacando sus fortalezas y debilidades.

Welfare Quality® fue un proyecto de la Unión Europea (UE) que propuso una agregación secuencial de medidas de bienestar, primero a partir de medidas correspondientes a criterios de bienestar (es decir, dimensiones con objetivos preestablecidos) y más tarde a una evaluación general del bienestar, utilizando reglas determinadas en cada nivel dependiendo de la

naturaleza y el número de variables a considerar, así como al nivel de compensación que se permita (Botreau y col., 2007b). Se ha adoptado el protocolo Welfare Quality® como estándar y se utiliza tanto en ganaderías comerciales como con fines de investigación (Franchi y col., 2014; Molina y col., 2019). Sin embargo, este protocolo también se ha sido criticado porque es costoso y consume mucho tiempo. Incluso aquellos investigadores involucrados en la elaboración del protocolo Welfare Quality® han recomendado el desarrollo de mediciones automáticas de bienestar para reducir la duración de la evaluación, sin dejar de conservar su naturaleza holística (Blokhus y col., 2010). De Vries y col. (2013) también criticaron que un número pequeño de medidas individuales tienen un gran impacto sobre la clasificación obtenida para los animales evaluados y, por lo tanto, es necesario mejorar los protocolos actuales. Además, el enfoque actual no proporciona herramientas suficientes para realizar una evaluación continua del bienestar de las vacas (Caja y col., 2016) y las evaluaciones puntuales pueden no ser representativas del estado de bienestar; en este sentido, como ejemplo, es posible afirmar que las medidas relacionadas con la suciedad de las vacas pueden estar fuertemente influenciadas por las condiciones climáticas.

Se han publicado varios artículos sobre BA y tecnologías PLF en los últimos años. Por ejemplo, Caja y col. (2016) publicaron una extensa revisión sobre las soluciones PLF existentes para monitorizar el bienestar en vacas lecheras. Esa revisión y esta reflexión parten de una premisa similar, pero aquí se aborda específicamente el protocolo Welfare Quality®, ya que está siendo utilizado actualmente por las ganaderías para ser certificadas como aptas en bienestar animal. Por otro lado, el presente trabajo no se limita a discutir las soluciones PLF que ya están disponibles, sino que se proponen algunas tecnologías en desarrollo y otras pendientes de ser desarrolladas.

El protocolo Welfare Quality® desarrollado para ganado vacuno lechero estableció cuatro principios, 12 criterios y 31 medidas (Bienestar Quality®, 2009). A continuación, se identifican y discuten las principales tecnologías capaces de evaluar cada una de esas medidas.

### Alimentación

Este principio incluye dos criterios: ausencia de hambre prolongada y ausencia de sed prolongada. El primero se mide evaluando la CC. Según Welfare Quality®, las vacas puntuadas con 0 tienen una CC normal, con 1 se indica que están muy delgadas y con 2 significa que están gordas (las dos últimas nos vienen a decir que las vacas obtuvieron esa puntuación en al menos tres regiones corporales diferentes). Esto es menos preciso que lo que pueden proporcionar las

tecnologías disponibles comercialmente. La cámara DeLaval BCS (Krukowski, 2009), basada en imágenes 3D, incluye algoritmos patentados para asignar una puntuación de escala de 5 puntos en incrementos de 0.1 puntos. Rachah y col. (2018) realizaron una evaluación de esta cámara, demostrando que podía tener ciertos errores en la medida, aunque eran de poca importancia en cuanto a la precisión necesaria para la evaluación Welfare Quality®. Básculas estáticas y otras que pesan diariamente a las vacas cuando pasan por ellas (Dickinson y col., 2013), además de las incorporadas en los robots de ordeño, serían otras opciones para evaluar el principio de alimentación. También se podría evaluar la ausencia de hambre prolongada mediante el seguimiento de la ingesta de pienso y el comportamiento alimentario. Sin embargo, estos indicadores no son fáciles de medir para vacas a nivel individual, especialmente cuando nos referimos a sistemas de pastoreo. Existen algunas tecnologías basadas en la estimación del consumo en el comedero (Halachmi y col., 1998), sensores de presión (Leiber y col., 2016) o acelerómetros (Oudshoorn y col., 2013), pero se emplean principalmente para investigación.

La ausencia de sed prolongada se evalúa a través de cuatro indicadores: número (o longitud), limpieza, caudal y funcionamiento de los bebederos. Todas estas medidas tienen como objetivo asegurar un suministro de agua suficiente y accesible para los animales. Desde una perspectiva PLF, monitorizar el número y el estado de puntos de agua no tiene relevancia, ya que actualmente es posible medir el consumo de agua de cada vaca. Una combinación de la identificación por radiofrecuencia (RFID) y los caudalímetros podrían proporcionar estos datos (Cardot y col., 2008). Bolos ruminales equipados con medición electrónica de temperatura podrían también emplearse para conocer la ingesta de agua de los animales, ya que la temperatura disminuye después de cada toma de agua. Sin embargo, la magnitud de la caída de la temperatura del rumen está correlacionada con la temperatura del agua (Bewley y col., 2008), por lo que sería necesaria la integración de datos de estaciones meteorológicas o termómetros colocados en los bebederos. En cuanto a calidad del agua, hay sensores de turbidez capaces de medir la limpieza de la misma, pero se puede suponer que es adecuada si la ingesta de agua es normal.

Es interesante mencionar que tanto la ingesta de alimento como de agua también se pueden estimar a partir de posición de la vaca dentro del establo: la localización de la vaca en el comedero se asocia a un comportamiento de ingesta de alimento. Estos datos se pueden recopilar mediante sistemas de localización, como CowView, comercializado por GEA (Alemania).

### Alojamiento

Este principio incluye tres criterios: comodidad en el descanso, comodidad térmica y facilidad de movimiento. El primer criterio es medido como el tiempo necesario para acostarse, animales que chocan con equipo de alojamiento cuando se acuestan, número de animales tumbados parcial o totalmente fuera del área de descanso y limpieza de las diferentes partes del cuerpo (ubres, cuartos traseros y patas traseras).

Se han empleado diferentes dispositivos, como podómetros (Mattachini y col., 2013) o acelerómetros (Darr y Epperson, 2009), para monitorizar cuándo se acuestan las vacas. Estas soluciones pueden proporcionar datos sobre el tiempo y los episodios de descanso, pero el protocolo Welfare Quality® requiere una información más detallada. No se encontraron referencias de sistemas basados en sensores que permitan medir el tiempo necesario para acostarse, las colisiones que se producen entre animales y equipos o el posicionamiento de las vacas en el área de descanso. Sin embargo, existen algunos sistemas basados en visión artificial que permiten detectar a las vacas en los cubículos (Porto y col., 2013) o monitorizar la postura de las vacas (Cangar y col., 2008), lo que podría usarse para estos fines. Con respecto a la suciedad de las vacas, tampoco se encontraron sistemas de evaluación automáticos en la literatura, pero los sistemas de análisis de imagen podrían usarse para eso. Por ejemplo, hay algunas tecnologías desarrolladas para detectar presencia de heces en las canales de pollos (Windham y col., 2003; Seo y col., 2019), que podrían adaptarse para evaluar la suciedad de la vaca.

Con respecto al confort térmico, no se han definido protocolos exactos de medida, pero resulta factible su monitorización automática. El uso de estaciones meteorológicas para calcular el índice de humedad y temperatura está disponible desde hace mucho tiempo y suelen emplearse en ganaderías comerciales. Además, el estrés por calor se puede detectar indirectamente a través de aquellos sistemas que registran la actividad de las vacas (Abeni y Galli, 2017) o de bolos ruminales (Bewley y Schutz, 2010). Ji y col. (2017) analizaron cómo las tecnologías PLF podrían utilizarse para reducir o controlar el estrés por calor.

La facilidad de movimiento de los animales se mide como la presencia de ataduras y el acceso a una zona de descanso al aire libre o a pastos. Estas medidas podrían ser sustituidas por sistemas de seguimiento para ubicación interior y exterior. Los sistemas de localización interior se basan generalmente en RFID (CowView), Bluetooth (Tøgersen y col., 2010) o banda ultra-ancha (Pastell y col., 2018), aunque también se puede emplear el procesamiento de imágenes

para este propósito (Dao y col., 2015). Por su parte, para el seguimiento exterior de animales, GPS sería la opción preferida (Turner y col., 2000), y también sería posible distinguir entre zona de descanso al aire libre o pastos mediante el uso de imágenes por satélite (Viña y col., 2004).

### Salud

Hay tres criterios que sirven para caracterizar el principio de salud: ausencia de lesiones, ausencia de enfermedad y ausencia de dolor inducido por procedimientos de manejo. La ausencia de lesiones se mide a través del registro de cojeras y alteraciones tegumentarias. La cojera es uno de los temas tratados más extensamente por los desarrolladores de PLF, ya que es uno de los tres trastornos de salud más costosos en vacas lecheras (Thorup, 2015). Acelerómetros (Thorup y col., 2015), colchones de registro de presión (Van De Gucht y col., 2017) o sistemas de análisis de imagen (Poursaberi y col., 2010) han sido utilizados para detectar vacas cojas.

También se han probado sistemas multisensores basados en el control de la leche, de la actividad y de la postura, que ofrecen una buena precisión (Van Hertem, 2015). Welfare Quality® sólo requiere discriminar entre vacas no cojas, cojas y severamente cojas, pero los sistemas basados en sensores tienen mayor resolución, ya que normalmente utilizan una escala de 5 puntos. No aparecen descritos en la literatura ningún tipo de sistemas basados en sensores para detectar alteraciones del tegumento. Sin embargo, existen algunos sistemas computerizados de visión capaces de detectar problemas de piel en humanos (Wei y col., 2018), que podrían adaptarse a los animales.

La detección de enfermedades ha sido un objetivo importante de los sistemas PLF. Las medidas empleadas en el Welfare Quality® para determinar ausencia de enfermedad son numerosas: tos, secreción nasal, secreción ocular, respiración dificultosa, diarrea, secreción vulvar, recuento de células somáticas de la leche, mortalidad, distocia y vacas caídas. Tos, secreción nasal, descarga ocular y dificultad respiratoria pueden ser indicadores de enfermedad respiratoria. El análisis de sonido se ha utilizado para monitorizar aquella tos asociada a enfermedad respiratoria bovina (Vandermeulen y col., 2016). Las técnicas de análisis de imagen también se han probado en cerdos con problemas respiratorios (Chen y col., 2013). Sin embargo, estas alteraciones podrían detectarse sin sensores específicos, por ejemplo, integrando sensores de temperatura corporal en aquellos sistemas de monitorización de la ingesta de alimento y agua.

No se han identificado sistemas automáticos para detección de problemas digestivos como la diarrea pero, una vez más, se proponen soluciones basadas en imágenes como una alternativa para abordar este problema. La secreción vulvar está asociada con patologías reproductivas o podría deberse a fiebre o duración irregular del celo. Se han utilizado "narices electrónicas" para analizar flujo vaginal en vacas lecheras (Burfeind y col., 2014), pero estos dispositivos no pueden considerarse soluciones PLF, ya que no permiten el seguimiento automático de los animales. En humanos se están desarrollando biosensores portátiles para controlar el pH y el ácido láctico del flujo vaginal con el objeto de detectar problemas reproductivos (Almeida y Tomasello, 2019). Este tipo de soluciones parece ser demasiado sofisticado para las ganaderías lecheras donde el control del estro podría ser suficiente para detectar problemas reproductivos. Mottram (2016) describe las diversas tecnologías que hoy día son utilizadas para la detección del estro en vacas lecheras.

El recuento de células somáticas de la leche se puede realizar mediante espectroscopia del infrarrojo cercano (NIRS), incluso de manera individual mediante la incorporación de esta tecnología en los robots de ordeño (Kawasaki y col., 2008). La mortalidad, la distocia y las vacas caídas son medidas que se establecen en el Welfare Quality® y que son obtenidas a partir de los registros de los ganaderos. Desde la perspectiva de PLF, los sistemas de sensores deben servir para prevenir la mortalidad, la distocia y las vacas caídas. Por ejemplo, con respecto a la distocia, existen varios sistemas centrados en la predicción de partos para ayudar a las vacas cuando sea necesario (Borchers y col., 2017).

El tercer criterio del principio de buena salud hace referencia a la ausencia de dolor e incluye la evaluación de los procedimientos de desmochado/descornado y del corte de cola. Los sistemas basados en sensores no pueden proporcionar estas medidas específicas, pero pueden usarse para monitorizar el dolor. Prunier y col. (2013) revisaron los indicadores de dolor en animales de granja, algunos de los cuales podrían ser monitorizados automáticamente. En este sentido, la evaluación de la expresión facial abre un campo de investigación muy prometedor (Descovich y col., 2017).

### Comportamiento

Este principio incluye cuatro criterios: expresión de comportamientos sociales, expresión de otros comportamientos, buena relación humano-animal y estado emocional positivo. La expresión del comportamiento social se evalúa observando comportamientos agonísticos como desplazamiento, persecución o lucha. Aunque el comportamiento social no ha sido un tema

prioritario para los investigadores de PLF, existen algunas referencias sobre esto en la literatura. Guzhva y col. (2016) instalaron cámaras de visión cenital en las zonas de espera, previas a la sala de ordeño, de manera que, junto a algoritmos de aprendizaje automático, permitían detectar interacciones sociales (como cabeceo o empujones entre animales). Además, se han utilizado detectores de proximidad y herramientas de localización para caracterizar la estructura de la red social de los rebaños lecheros, detectando ciertos comportamientos sociales positivos como el acicalamiento (Boylard y col., 2016).

Welfare Quality® utiliza la distancia de huida (o espacio de huida frontal) como un indicador de la relación entre hombre y animal. Johansson y col. (2015) utilizaron imágenes de vídeo para evaluar esta distancia en bandadas de aves. Ellos plantearon que el tiempo que tardan los animales en volver a su actividad normal y su distribución después de haber sido perturbados por la presencia humana puede reflejar el miedo a los humanos. Hasta donde sabemos, las soluciones PLF para evaluar la distancia de huida a nivel individual no están disponibles, pero las redes de sensores basadas en Bluetooth u otros sistemas inalámbricos (Maroto-Molina y col., 2019) podrían ser utilizados para este propósito. Otro enfoque que podría plantearse es la monitorización de la respuesta al miedo. Stewart y col. (2008) utilizaron la termografía de infrarrojos para detectar estas respuestas durante la manipulación del ganado.

El último criterio del protocolo Welfare Quality® para vacas lecheras es el estado emocional positivo, que se caracteriza por una evaluación cualitativa del comportamiento. Expresiones faciales, especialmente la postura de las orejas y el área del ojo que resulta ocupado por el color blanco, se han utilizado para controlar el estado emocional de la vaca (Battini y col., 2019) y pueden evaluarse a través del análisis de imágenes y vídeos. También sería factible el uso de sistemas de análisis de sonido para aproximarnos al estado emocional de los animales (Manteuffel y col., 2004).

#### Diseñando el futuro

Como se ha descrito, las tecnologías de ganadería de precisión existentes podrían evaluar la mayor parte de las medidas que se establecen o recomiendan por el protocolo Welfare Quality®. Además, se espera que otras nuevas tecnologías estarán disponibles en los próximos años. Sin embargo, dado que algunas medidas son inapropiadas para su detección a partir de las tecnologías existentes, se propone que podrían ser sustituidas por otras medidas que evalúen los mismos criterios de bienestar.



Una evaluación del bienestar de las vacas lecheras basada en sensores podría proporcionar datos objetivos y continuos, superando algunos de los inconvenientes de los métodos de evaluación actuales. Sin embargo, al diseñar estos sistemas de evaluación futuros, debe considerarse que uno de los principales impulsores de la evaluación del bienestar es el aumento de la preocupación social por el tratamiento de las vacas lecheras en las ganaderías modernas. Parece razonable suponer que la producción animal apoyada en sistemas excesivamente artificiales debido al empleo de multitud de sensores diferentes será percibido como un hecho negativo para el BA (Veissier y col., 2019). Esta suposición podría ser especialmente cierta para los sensores que deben colocarse sobre el animal. Teniendo esto en cuenta, los esfuerzos de investigación deberían concentrarse en tecnologías de precisión multipropósito, lo que podría reducir el número de sistemas basados en sensores necesarios para una evaluación general del BA. Además, se deben priorizar aquellos sensores que son menos invasivos y perjudiciales para el animal. Tecnologías de procesamiento de imágenes y vídeos, que incluyen imágenes visibles, infrarrojas y térmicas, cumplen ambas características, aunque tienen grandes requisitos computacionales y, a menudo, no son tan precisos como las tecnologías alternativas para seguimiento individual.

El desarrollo de redes 5G e inteligencia artificial en los próximos años ayudarán a superar estos problemas, impulsando las posibilidades de investigadores y desarrolladores dentro de este tema. Resulta muy importante, hoy en día, tener en cuenta cuestiones ajenas al ámbito tecnológico cuando nos planteamos el uso de imágenes, ya que es posible que aparezcan operarios u otras personas en los registros imágenes de los ganaderos, lo que afecta directamente a su privacidad. En este sentido, las soluciones de visión cercana, como cámaras colocadas en comederos o bebederos, podrían ser preferibles a otras soluciones de visión amplia que graban imágenes o vídeos de grandes superficies.

La acelerometría es otra área de investigación que los investigadores de PLF han abordado intensamente. Los acelerómetros son sensores polivalentes, ya que se pueden utilizar para evaluar diversos criterios solicitados por el Welfare Quality®. Sin embargo, deben estar colocados sobre las vacas y la necesidad de que las baterías estén en contacto directo con los animales podría ser una de las principales preocupaciones en cuanto al BA. Los acelerómetros montados en el cuello podrían percibirse como menos invasivos para el animal que otros sistemas de sujeción, como pulseras de patas, crotales o bolos. Los collares se han utilizado durante mucho tiempo y podrían concebirse como plataformas de sensores que integren identificadores de radiofrecuencia, acelerómetros y otros sensores de pequeño tamaño, junto

con identificadores visuales. Hay grandes oportunidades asociadas a la integración de sensores en términos de exactitud y precisión de las soluciones de detección. Una ventaja adicional de los sensores montados en collares es que se enfrentan a un entorno menos desafiante para la electrónica que, por ejemplo, los sensores montados en patas, ya que están más lejos de la humedad y la suciedad.

Los desarrolladores de PLF también deben tener en cuenta los desafíos de la sociedad. Las tecnologías de ganadería de precisión pueden concebirse como proveedores de datos para apoyar la gestión y la toma de decisiones de los ganaderos o como medio para la automatización de algunas tareas, y podrían tener un gran impacto en el mercado laboral de la producción lechera (Hostiou y col., 2017). Por un lado, como se describió anteriormente, la automatización podría impactar en el bienestar animal, específicamente en aquellos criterios relacionados con el vínculo humano-animal. En este sentido, las tareas que requieran una interacción estrecha entre los ganaderos y sus animales, como alimentar o mover vacas, serían menos interesantes para la automatización que aquellas tareas repetitivas o peligrosas sin interacción humano-animal. Quizás los ganaderos podrían emplear el tiempo extra generado gracias a la automatización de la granja en reforzar el vínculo humano-animal (Veissier y col., 2019).

En conclusión, varios de los criterios contenidos en el protocolo Welfare Quality® ya pueden ser abordados por tecnologías PLF comerciales y es de esperar que el resto lo estén en un futuro cercano. Con toda probabilidad será necesario modificar algunos de los criterios hoy establecidos, siempre que se continúe explorando y mejorando la obtención de datos continuos y la monitorización individual de los animales.



## CONCLUSIONES



## CONCLUSIONES

---

1. Las ganaderías del sur de España muestran un nivel adecuado de bienestar animal, de acuerdo con los criterios establecidos por el protocolo Welfare Quality®, obteniendo la puntuación más alta en alojamiento, y teniendo un mayor margen de mejora en los apartados relativos a alimentación y salud.
2. El tiempo necesario para la evaluación del bienestar puede ser reducido, ya que existen altas correlaciones entre ciertos parámetros estudiados.
3. Los indicadores de bienestar mostraron correlación positiva con algunos parámetros reproductivos, lo que podría indicar que la mejora de los indicadores de bienestar podría conducir también a la mejora de los índices reproductivos de las vacas lecheras.
4. Tanto el sistema de cama fría como el de cubículos muestran fortalezas y debilidades en lo que a bienestar animal se refiere. En cuanto a rendimiento reproductivo, fue similar en ambos sistemas de alojamiento.
5. Las prácticas de manejo parecen tener un mayor impacto en el bienestar animal que el tipo de instalación y, en este sentido, consideramos que el protocolo WQ presenta limitaciones.
6. Los resultados obtenidos acerca del desmochado en lo que a parámetros bioquímicos se refiere no fue concluyente, por lo que es necesario diseñar nuevos estudios.
7. Basándonos en patrones comportamentales, la metodología más recomendada para llevar a cabo el desmochado y el descornado requiere la aplicación de analgesia sistémica y anestesia local. Sólo en casos particulares sería recomendable el uso de la sedación.
8. Los sensores de temperatura intravaginales son un buen sistema predictor de partos a tiempo real, mejorando la rentabilidad en las ganaderías lecheras y aumentando el bienestar de los ganaderos.
9. Varios de los criterios contenidos en el protocolo Welfare Quality® pueden ser abordados por tecnologías PLF comerciales.



## RESUMEN





El bienestar animal (BA) es considerado un pilar importante de las ganaderías en general, y de las de bovino lechero en particular, siendo actualmente obligatorio mantener un adecuado nivel de BA en los animales desde un punto de vista moral y ético. El sistema productivo se ha ido transformando para que las vacas de leche de alto mérito genético puedan expresar su potencial gracias a mejoras en el manejo animal, pero sin dejar de lado el cumplimiento de determinados estándares de bienestar.

Detectada la predisposición y concienciación en materia de bienestar de los ganaderos de bovino lechero y siendo conocedores de la tendencia del mercado, se llevó a cabo el desarrollo de la presente Tesis Doctoral, en la que se realizaron cinco estudios.

El objetivo del primer estudio fue evaluar el nivel de BA de 20 ganaderías situadas en el sur de España mediante el protocolo europeo Welfare Quality®, en el que las mediciones utilizadas están basadas en el animal y son consideradas como válidas, repetibles y aplicables. Todas las ganaderías involucradas en la presente Tesis Doctoral presentaron un adecuado nivel de bienestar, aunque mostraron margen de mejora en algunas de las áreas evaluadas. Este tipo de estudios realizados en zonas ganaderas concretas permite comparar ganaderías con condiciones similares, estableciendo valores medios que sirvan para determinar los puntos críticos y de mejora en aquellas con puntuación más baja.

Teniendo en cuenta que se realizan elevadas inversiones para la mejora continua de las ganaderías, es de especial importancia cuantificar los indicadores de bienestar dependiendo de los tipos de alojamientos más frecuentes, que en la zona de estudio son los cubículos y cama fría. Por lo tanto, el segundo estudio consistió en comparar los parámetros de bienestar animal basados en el protocolo Welfare Quality® en animales alojados en cubículos o en cama fría en 19 ganaderías diferentes. Se concluyó que cualquiera de los sistemas de alojamiento analizados ofrece diferentes fortalezas y debilidades, debiendo tenerse en cuenta otros factores aparte de los relacionados con el bienestar. Los sistemas de cama fría fueron menos eficaces en términos de limpieza, tanto de animales como de bebederos, mientras que los cubículos presentaban algunos problemas relacionados con la colisión de los animales con el alojamiento y con la descarga nasal, ésta última debida probablemente al polvo o a las deficiencias del sistema inmunológico en las vacas.

Detectado un punto crítico como es el descornado de terneros, en el tercer y cuarto estudio el objetivo fue estimar la importancia del desmochado y descornado sin dolor en terneras. Se valoró el BA de los animales durante y después del procedimiento. Sedación, anestesia local y

analgesia fueron analizados a través de la expresión de parámetros comportamentales durante (sacuden la cabeza, empujan, se mueven y se caen) y tras el descornado (sacudidas y frotamiento de la cabeza, movimientos de las orejas, tiempo en comedero y rumia), así como a través de la variación de parámetros bioquímicos tras el procedimiento ( $\beta$ -hidroxibutirato, glucosa, proteínas totales, albúmina y globulinas). Los resultados obtenidos indican que es fundamental la aplicación de anestesia local y analgesia sistémica para mitigar los efectos del dolor agudo y las consecuencias del dolor post-descornado.

El quinto estudio tuvo como objetivo valorar el uso de tecnologías de precisión en las granjas inteligentes para prevenir problemas de salud en los animales. Para ello, se utilizaron sensores de temperatura intravaginales para la monitorización del momento del parto. El sistema permitió detectar el inicio de los partos, además de predecir la aparición de retención de placenta, lo que podría permitir anticipar el momento de instaurar el tratamiento, y de esta manera, mejorar el bienestar de la vaca.

Tras el conocimiento adquirido en la Tesis Doctoral, se llevó a cabo un artículo de revisión para discutir acerca de los diversos sistemas de monitorización animal on-line, con el fin de reducir el tiempo que se invierte en evaluar el bienestar de los animales.

**ABSTRACT**



Animal welfare (AW) is considered an important goal of livestock in general, and dairy cattle in particular. An adequate level of AW is mandatory from a moral and ethical point of view. The productive system has been transformed so that dairy cows of high genetic merit can have their productive potential, and all this can be produced thanks to proper management and compliance with specific welfare requirements.

Once the predisposition and awareness of the welfare of the participating farmers dedicated to the care of the dairy cattle were detected, and being aware of the market trend, the development of this doctoral thesis was carried out, where five studies were accomplished.

The goal of the first study was assessed the welfare level in 20 representative farms in southern Spain through the European Welfare Quality protocol, where the measures used are based on the animal, and are valid, repeatable and applicable. All farms showed an adequate level of well-being, but all presented margin for improvement in any of the areas evaluated. This type of study in specific areas such as this, allows comparing farms in similar conditions, establishing average values that help us determine the points of improvement in livestock with a lower score.

Taking into account that in this area high investments are made for the continuous improvement of livestock, it was of special importance to quantify the indicators of well-being depending on the two most frequent types of accommodation, what in the study area are cubicles and cold bed. Therefore, in the second study consisted of comparing the animal welfare parameters based on the Welfare Quality® protocol in animals housed in cubicles or in cold beds in 19 different farms. It was concluded that no system is better than another, since each one has its strengths and weaknesses. The cold bed system was inferior in terms of cleanliness, both animals and drinking points, while the cubicles presented some problems related to the collision of the animals with the housing and the nasal discharge, the latter probably due to dust or immune system deficiencies in cows.

Detected a critical point such as calf dehorning, in the third and fourth study, the aim was to estimate the importance of disbudding and dehorning without pain in calves. Welfare was assessed during and after the procedure used. Sedation, local anesthesia and analgesia were tested through the expression of behavioral parameters during (head jerking, pushing, moving and falling down), and after the dehorning (shaking and rubbing of the head, flicking of the ears, feeding time and rumination), and through the variation of biochemical parameters after procedure ( $\beta$ -hydroxybutyrate, glucose, total proteins, albumin and globulin). The results show

that the application of local anesthesia and systemic analgesia is essential to mitigate the effects of acute pain, and the consequences of post-dehorning pain.

The fifth study aimed to assess intravaginal temperature sensors for calving monitoring. It was analyzed if these devices could predict the placental retention, in order to establish early treatments and, in this way, to improve the cow welfare.

After the knowledge acquired in the doctoral thesis, a review article is carried out where the objective was to study various on-line animal monitoring systems, which are considered precision livestock tools, in order to reduce the time spent for assessing the animal welfare.

## **BIBLIOGRAFÍA**





**Abeni F and Galli A** (2017) Monitoring cow activity and rumination time for an early detection of heat stress in dairy cow. *International Journal of Biometeorology* **61**, 417-425.

**Aguilar J and Arias de Reyna Martínez L** (2003) *Bienestar Animal*, España. Copisteria Don Folio, S.L.

**Alban L, Ersboll AK, Bennedsgaard TW and Johnsen F** (2001) Validation of welfare assessment methods at herd level: An example. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A, Animal Science Supplementum* **30**, 90-102.

**Albright J** (1993) Feeding behaviour of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* **76**, 485-498.

**Allendorf JJ and Wettemann PJC** (2015) «Does Animal Welfare Influence Dairy Farm Efficiency? A Two-Stage Approach». *Journal of Dairy Science* **98** (11), 7730-40.

**Almeida T and Tomasello G** (2019) In dialogue with our bodies: becoming embodied knowers. Present at FEMeeting, Lisbon, Portugal.

**Andreasen SN, Wemelsfelder F, Sandoe O and Forkman B** (2013) The correlation of qualitative behavior assessment with Welfare Quality® protocol outcomes in on-farm welfare assessment of dairy cattle. *Applied Animal Behaviour Science* **143**, 9-17.

**Anon** (1992) *Australian Model Code of Practice for the Welfare of Animals: Cattle*. CSIRO Publications, Melbourne, Australia.

**AVMA (2010)** Welfare implications of dehorning and disbudding of cattle. American Veterinary Medical Association.

**Axelrod J and Reisine TD** (1984) Stress hormones: their interaction and regulation. *Science* **224**, 452-459.

**Bach A and Ahedo J** (2008) Record Keeping and Economics of Dairy Heifers. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* **24**, 117-138.

**Balbridge SL, Coetzee JE and Dritz SS** (2011) Pharmacokinetics and physiological effects of intramuscularly administered xylazine hydrochloride-ketamine hydrochloride-butorphanol tartrate alone or in combination with orally administered sodium salicylate on biomarkers of pain in Holstein calves following castration and dehorning. *American Journal of Veterinary Research* **72**, 1305-17.

**Barberg AE, Endres MI and Janni KA** (2007a) Compost dairy barns in Minnesota: a descriptive study. *Applied Engineering Agriculture* **23** (2), 231-238.

**Barberg AE, Endres MI, Salfer JA, and Reneau JK** (2007b) Performance and welfare of dairy cows in an alternative housing system in Minnesota. *Journal of Dairy Science* **90** (3), 1575-1583.

**Barberg AE, Endres MI, Salfer JA and Reneau JK** (2007) Performance and welfare of dairy cows in an alternative housing system in Minnesota. *Journal of Dairy Science* **90**, 1575-1583.

**Barkema HW, Schukken YH, Lam TJGM, Beiboer ML, Benedictus G and Brand A** (1998) Management practices associated with low, medium and high somatic cell count in bulk milk. *Journal of Dairy Science* **81**, 1917-1927.

**Barnett JL and Hemsworth PH** (1990) The validity of physiological and behavioural measures of animal welfare. *Applied Animal Behaviour Science* **25**, 177–187.

**Barrett DC** (2004) Non-steroidal anti-inflammatory drugs in cattle-should we use them more?. *Cattle Practice* **12**, 69-73.

**Bartussek H, Leeb CHM and Held S** (2000) Animal Needs Index for Cattle—ANI35L/2000—cattle. Federal Research Institute for Agriculture in Alpine Regions BAL Gumpenstein, Irtding, Austria.

**Battini M, Agostini A and Mattiello S** (2019) Understanding cows' emotions on farm: are eye white and ear posture reliable indicators? *Animals* **9**, 477.

**Bengtsson B, Menzel A, Holtenius P and Jacobsson O** (1996) Cryosurgical dehorning of calves: a preliminary study. *The Veterinary Record* **138**, 234-237.

**Benson AF** (2012) Consider deep pack barns for cow comfort and manure management. Cornell University, Ithica, NY, Accessed February 17, 2014. <http://smallfarms.cornell.edu/2012/04/20/consider-deep-pack-barns-for-cow-comfort-and-manure-management/>.

**Berckmans D** (2008) Precision livestock farming (PLF). *Computers and Electronics in Agriculture*, **62** (1), 1-80.

**Bewley JM, Grott MW, Einstein ME and Schutz MM** (2008) Impact of intake water temperatures on reticular temperatures of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* **91**, 3880-3887.

**Bewley JM and Schutz MM** (2010) Recent studies using a reticular bolus system for monitoring dairy cattle core body temperature. Proceedings of the First North America Conference on Precision Dairy Farming, Toronto, Canada, pp. 218-219.

**Bickert WG and Light RG** (1982) Housing systems. *Journal of Dairy Science* **65** (3), 502-508.

**Bickert WG, Holmes B, Janni KA, Kammel D, Stowel R and Zulovich JM** (2000) Dairy freestall housing and equipment. Designing facilities for the milking herd. Seventh ed, MidWest Plan Service, Iowa State University, Ames, IA.

**Black, RA, Taraba JL, Day GB, Damasceno FA, Newman MC, Akers KA, Wood CL, McQuerry KJ, and Bewley JM** (2014) The relationship between compost bedded pack performance, management, and bacterial counts. *Journal of Dairy Science* **97** (5), 2669-2679.

**Blecha F and Minocha HC** (1983) Suppressed lymphocyte blastogenic responses and enhanced in vitro growth of infectious bovine rhinotracheitis virus in stressed feeder calves. *American Journal of Veterinary Research* **44**, 2145–2148.

**Blokhuis HJ, Veissier I, Miele M and Jones B** (2010) The Welfare Quality project and beyond: Safeguarding farm animal well-being. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A, Animal Science* **60**, 129-140.

**Borchers MR, Chang YM, Proudfoot KL, Wadsworth BA, Stone AE and Bewley JM** (2017) Machine-learning-based calving prediction from activity lying, and ruminating behaviours in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* **100**, 5664–5674.

**Botreau R, Veissier I, Butterworth A, Bracke MBM and Keeling L** (2007) Definition of criteria for overall assessment of animal welfare. *Animal Welfare* **16** (2), 225-228.

**Botreau R, Bonde M, Butterworth A, Perny P, Bracke MBM, Capdeville J and Veissier I** (2007a) Aggregation of measures to produce an overall assessment of animal welfare. Part 1: a review of existing methods. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience* **1**, 1179–1187.

**Botreau R, Bracke MBM, Perny P, Butterworth A, Capdeville J, Van Reenen CG and Veissier I** (2007b) Aggregation of measures to produce an overall assessment of animal welfare. Part 2: analysis of constraints. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience* **1**, 1188–1197.

**Bottaro CA** (2009) Aplicabilidad del protocolo Welfare Quality® para medir bienestar animal en crianzas de sistemas de producción de bovinos de leche nacionales. Universidad de Chile, Santiago.

**Boyland NK, Mlynski DT, James R, Brent LNJ and Croft DP** (2016) The social network structure of a dynamic group of dairy cows: from individual to group level patterns. *Applied Animal Behaviour Science* **174**, 1–10.

**Bracke MBM** (2007) Animal-based parameters are no panacea for on-farm monitoring of animal welfare. *Animal Welfare* **16**, 229-231.

**Brett J** (2006). Empiece bien sus becerras. *Dairy herd management* **5** (8), 86-112.

**Broom DM** (1986) Indicators of poor welfare. *British Veterinary Journal* **142**, 524-526.

**Broom DM** (1996) Animal welfare defined in terms of attempts to cope with the environment. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A, Animal Science* **27**, 22-28.

**Buckner RL, Koutstaal W, Schacter DL, Dale AM, Rotte M and Rosen BR** (1998) Functional-anatomic study of episodic retrieval. II. Selective averaging of event-related fMRI trials to test the retrieval success hypothesis. *Neuroimage* **7** (3), 163-75.

**Budras KD and Habel R** (2003) *Bovine Anatomy An Illustrated Text*. First Edition. Ed. Klaus-Dieter Budras, Institut Fur Veterinar-Anatomie, Freie Universitat Berlin. Shlutershe GmbH & Co. KG, Verlag und Druckerei. Germany. 144p.

**Bugueiro A, Pedreira J and Diéguez FJ** (2018) Study on the mayor welfare problems of dairy cows from the Galicia region (NW Spain). *Journal of Animal Behaviour Biometeorology* **6**, 84-89.

**Burfeind O, Suthar VS, Voigtsberger R, Bonk S and Heuwieser W** (2011) Validity of prepartum changes in vaginal and rectal temperature to predict calving in dairy cows. *Journal of Dairy Science* **94**, 5053–5061.

**Burfeind O, Bruins M, Bos A, Sannmann I, Voigtsberger R and Heuwieser W** (2014) Diagnosis of acute puerperal metritis by electronic nose device analysis of vaginal discharge in dairy cows. *Theriogenology* **82**, 64–70.

**Butler WR and Smith RD** (1989) Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* **72**, 767-772.

**Caja G, Castro-Costa A and Knight CH** (2016) Engineering to support wellbeing of dairy animals. *Journal Dairy Research* **83** (2), 136-147.

**Callejo Ramos A** (2009) Cow comfort- El bienestar de la Vaca Lechera, España. Servet.

**Callejo Ramos A** (2015) Ganadería de Precisión en vacuno lechero. *Frisona Española*, **205**, 94-100.

**Cangar Ö, Leroy T, Guarino M, Vranken E, Fallon R, Lenehan J, Mee J and Berckmans D** (2008) Automatic real-time monitoring of locomotion and posture behaviour of pregnant cows prior to calving using online image analysis. *Computers and Electronics in Agriculture* **64**, 53-60.

**Capdeville J and Veisser I** (2001) A method of assessing welfare in loose housed dairy cows at farm level, focusing on animal observation. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A Animal Science* **30**, 62-68.

**Cardoso CS, Hötzel MJ, Weary DM, Robbins JA and von Keyserlingk MAG** (2016) Imagining the ideal dairy farm. *Journal of Dairy Science* **99**, 1663-1671.

**Cardot V, Le Roux Y and Jurjanz S** (2008) Drinking behaviour of lactating dairy cows and prediction of their water intake. *Journal of Dairy Science* **91**, 2257-2264.

**Castells L, Bach A, Aris A and Terré M** (2013) Effects of forage provision to young calves on rumen fermentation and development of the gastrointestinal tract. *Journal of Dairy Science* **96**, 5226–5236.

**Cembalo L, Caracciolo F, Lomsbardi A, Del Giudice T, Grunert KG and Cicia G** (2016) Determinants of individual attitudes toward animal welfare-friendly food products. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* **29**, 237-254.

**Chen Y, Huang CH, Hou C, Huo D and Jin G** (2013) Rapid and label-free detection of porcine reproductive and respiratory syndrome virus on nanoscale by biosensor based on imaging ellipsometry. *Integrated Ferroelectrics* **145**, 122–129.

**Chiumia D, Chagunda MGG, Macrae AI and Roberts DJ** (2013) Predisposing factors for involuntary culling in Holstein–Friesian dairy cows. *Journal of Dairy Research* **80**, 45–50.

**Coetzee JF, Nutsch AL and Barbur LA** (2010) A survey of castration methods and associated livestock management practices performed by bovine veterinarians in the United States. *BMC Veterinary Research* **6**, 19.

**Coetzee JF, Masher RA and Kukanich B** (2012) Pharmacokinetics and effect of intravenous meloxicam in weaned Holstein calves following scoop dehorning without local anaesthesia. *BMC Veterinary Research* **8**,153.

**Cook CJ** (1996) Basal and stress response cortisol levels and stress avoidance learning in sheep. *New Zealand Veterinary Journal* **44**, 162-163.

**Cook CJ** (1998a) Steroidal hormones determine sex related differences in opioid induced elevation of nociceptive threshold in sheep. *New Zealand Veterinary Journal* **46**, 68-71.

**Cook NB and Nordlund KV** (2009) The influence of the environment on dairy cow behavior, claw health and herd lameness dynamics. *Veterinary Journal* **179**, 360-369.

**Córdova A and Sánchez M** (2010) Causas de infertilidad en ganado bovino. Disponible en: <http://www.Cuencarural.com/ganadería/bovinos/70361-causas-de-infertilidad-en-ganado-bovino/>.

**Cozzi G, Gottardo F, Brscic M, Contiero B, Irrgang N, Knierim U, Pentelescu O, Windig JJ, Mirabito L, Kling Eveillard F, Dockes AC, Veissier I, Velarde A, Fuentes C, Dalmau A and Winckler C** (2015) State of the art of cattle dehorning in the EU Member States. A quantitative survey of the current practices. *Livestock Science* **179**, 4-11.

**Croney CC and Botheras NA** (2010) Animal welfare, ethics and the U.S. dairy industry maintaining a social license to operate. Tri-State Dairy Nutrition Conference, Ohio (USA), April 20-21, pp: 51-55

**Daniels KM, McGilliard ML, Meyer MJ, Van Amburgh ME, Capuco AV and Akers RM** (2009) Effects of body weight and nutrition on histological mammary development in Holsteinheifers. *Journal of Dairy Science* **92**, 499–505.

**Dao T, Le T, Harle D, Murray P, Tachtatzis C, Marshall S, Michie C and Andonovic I** (2015) Automatic cattle location tracking using image processing. Proceedings of the 23rd European Signal Processing Conference, Nice, France, pp. 2636–2640.

**Darr M and Epperson W** (2009) Embedded sensor technology for real time determination of animal lying time. *Computers and Electronics in Agriculture* **66**, 106–111.

**de Boyer des Roches A, Veissier I, Coignard M, Bareille N, Guatteo R, Capdeville J, Gilot-Fromont E and Mounier L** (2014) The major welfare problems of dairy cows in French

commercial farms: an epidemiological approach. *Animal Welfare* **23**, 467-478.  
<https://doi.org/10.7120/09627286.23.4.467>.

**des Roches A, Veissier I, Coignard M, Bareille N, Guatteo R, Capdeville J, Gilot-Fromont E and Mounier L** (2014) The major welfare problems of dairy cows in French commercial farms: an epidemiological approach. *Animal Welfare* **23**, 467-478.

**de Vries M, Engel B, den Uijl I, van Schaik G, Dijkstra T, de Boer IJM and Bokkers EAM** (2013) Assessment time of the Welfare Quality® protocol for dairy cattle. *Animal Welfare* **22**, 85-93.

**Descovich KA, Wathan J, Leach MC, Buchanan-Smith HM, Flecknell P, Farningham D and Vick SJ** (2017) Facial expression: an under-utilized tool for the assessment of welfare in mammals. *Alternatives to Animal Experimentation* **34**, 409-429.

**Dickinson RA, Morton M, Beggs DS, Anderson GA, Pyman MF, Mansell PD and Blackwood CB** (2013) An automated walk-over weighing system as a tool for measuring liveweight change in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* **96**, 4477-4486.

**DiGiacinto Villalobos A, Rojas González M, Estrada König S and Romero Zúñiga J** (2014) Animal Welfare in Costa Rica specialized dairy herds from a dairy cooperative. *Revista de Ciencias Veterinarias* **32**, 7-19.

**Directive 98/58/EC** (1998) Council Directive 98/58/CE of 20 July 1998 concerning the protection of animals kept for farming purposes. OJ L 221, 8.8 1998 p.23.

**Doherty TJ, Kattesh HG and Adcock RJ** (2007) Effects of a concentrated lidocaine solution on the acute phase stress response to dehorning in dairy calves. *Journal of Dairy Science* **90**, 4232-9.

**Dunn AJ, Wang J and Ando T** (1999) Effects of cytokines on cerebral neurotransmission. Comparison with the effects of stress. *Advances in Experimental Medicine and Biology* **461**, 117-127.

**Dürr UM** (1980) *Laboratory Testing in Veterinary Medicine*. Ed. B. Mannheim, Munich, 130 p.

**EFSA, European Food Safety Authority** (2009) «Scientific Opinion on the overall effects of farming systems on dairy cow welfare and disease». *The EFSA Journal*, junio, sec. 1143.

**Faulkner PM and Weary DM** (2000) Reducing pain after dehorning in calves. *Journal of Dairy Science* **83**, 2037-2041.



**Fonseca LFL and Santos MV** (2000) *Qualidade do leite e controle da mastite*. São Paulo, Brasil, Ed. Lemos, 189 p.

**Franchi GA, Garcia PR and da Silva IJO** (2014) Welfare quality applied to the Brazilian dairy cattle. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology* **2**, 60-65.

**Fraser D** (1993) Assessing animal well-being: common sense, uncommon science. *Proceedings of the Food Animal Wellbeing Conference*. Ed. USDA and Purdue University Office of Agricultural Research Programs. West Lafayette, Indiana, USA, pp. 37-54.

**Fraser D** (1995) Science, values and animal welfare: exploring the 'inextricable connection'. *Animal Welfare* **4**, 103-117.

**Fraser AF and Broom DM** (1997) *Farm Animal Behaviour and Welfare*. Wallingford, Oxon, UK: CAB International.

**Fraser D, Weary DM, Pajor EA and Milligan BN** (1997) A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns. *Animal Welfare* **6**, 187-205.

**Fregonesi JA and Leaver JD** (2001) Behavior, performance and health indicators of welfare for dairy cows housed in straw yard or cubicle systems. *Livestock Production Science* **68**, 205-216.

**Fregonesi JA and Leaver JD** (2002) Influence of space allowance and milk yield level on behavior, performance and health of dairy cows housed in straw-yard and cubicle systems. *Livestock Production Science* **78**, 245-257.

**Fulwider WK, Grandin T, Garrick DJ, Engle TE, Lamm WD, Dalsted NL, and Rollin BE** (2007) Influence of free-stall base on tarsal joint lesions and hygiene in dairy cows. *Journal of Dairy Science* **90** (7), 3559-3566.

**Geers R, Petersen B, Huysmans K, Knura-Deszczka S, De Becker M, Gymnich S, Henot D, Hiss S and Sauerwein H** (2003) On-farm monitoring of pig welfare by assessment of housing, management, health records and plasma haptoglobin. *Animal Welfare* **12**, 643-647.

**Gelsing SL, Heinrichs AJ and Jones CM** (2016) A meta-analysis of the effects of preweaned calfnutrition and growth on first-lactation performance. *Journal of Dairy Science* **99**, 6206-6124.

**Gibson TJ, Johnson CB, Stafford KJ, Mitchinson SL and Mellor DJ** (2007) Validation of the acute electroencephalographic response of calves to noxious stimulus with scoop dehorning. *The New Zealand Veterinary Journal* **55**, 152-157.

**Gómez Piquer J** (1992) Manual Práctico de Análisis Clínicos Veterinarios. Ed. Mira, Zaragoza, 445 p.

**Guzhva O, Ardö H, Herlin A, Nilsson M, Åström K and Bergsten C** (2016) Feasibility study for the implementation of an automatic system for the detection of social interactions in the waiting area of automatic milking stations by using a video surveillance system. *Computers and Electronics in Agriculture* **127**, 506-509.

**Graf B and Senn M** (1999) Behavioural and physiological responses of calves to dehorning by heat cauterization with or without local anesthesia. *Applied Animal Behaviour Science* **62**, 153-71.

**Grant RJ** (2004) Incorporating dairy cow behavior into management tools. *Proceedings Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers*, Ithaca, NY (USA). pp: 65-76.

**Gron Dahl-Nielsen C, Simonsen HB, Damkjer Lund J and Hesselholt M** (1999) Behavioural endocrine and cardiac responses in young calves undergoing dehorning without use of sedation and analgesic. *The Veterinary Journal* **158**, 14-20.

**Guyton and Hall** (2016) El Sistema nervioso: Principios generales y fisiología de la sensibilidad. En *Guyton & Hall: Tratado de Fisiología*. Hall JE (eds). 13ª Edición. Elsevier Saunders, España. pp 541-582.

**Hagnestam C, Emanuelson U and Berglund B** (2007) Yield losses associated with clinical mastitis occurring in different weeks of lactation. *Journal of Dairy Science* **90**, 2260-2270.

**Halachmi I, Edan Y, Maltz E, Peiper UM, Moallem U and Brukental I** (1998) A real-time control system for individual dairy cow food intake. *Computers and Electronics in Agriculture* **20**, 131-144.

**Haley DB, Rushen J and de Passille AM** (1999) Behavioural indicators of cow comfort: Activity and resting behaviour of dairy cows in two types of housing. *Applied Animal Behaviour Science* **71**, 105-117.

**Harrison R** (1964) *Animal Machines*. London: Vincent Stuart.

**Hauge SJ, Kielland C, Ringdal G, Skjerve E and Nafstad O** (2012) Factors associated with cleanliness on Norwegian dairy farms. *Journal of Dairy Science* **95**, 2485-2496.

**Heinrich A** 2007. An investigation of meloxicam for the relief of pain associated with dehorning of dairy calves. Unpublished MSc Thesis. University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.

**Heinrich A, Duffield TF and Lissemore KD** (2009) The impact of meloxicam on postsurgical stress associated with cautery dehorning. *Journal of Dairy Science* **92**, 540-7.

**Heinrich A, Duffield TF and Lissemore KD** (2010) The effect of meloxicam on behaviour and pain sensitivity of dairy calves following cautery dehorning with a local anaesthetic. *Journal of Dairy Science* **93**, 2450-7.

**Hemsworth PH, Barnett JL and Hansen C** (1981) The influence of handling by humans on the behaviour, growth, and corticosteroids in the juvenile female pig. *Hormones and Behavior* **15**, 396-403.

**Hemsworth PH** (2003) Human–animal interactions in livestock production. *Applied Animal Behaviour Science* **81**, 185–198.

**Henry JP** (1992) Biological basis of the stress response. *Integrative Physiological and Behavioral Science* **27**, 66-83.

**Herskin MS and Nielsen BH** (2018) Welfare Effects of the Use of a Combination of Local Anesthesia and NSAID for Disbudding Analgesia in Dairy Calves—Reviewed Across Different Welfare Concerns. *Frontiers in Veterinary Science* **5**, 117.

**Hettiaratchy S and Dziewulski P** (2004) Pathophysiology and types of burns. *British Medical Journal* **328**, 1427-1429.

**Hewson C** (2003) What is animal welfare? Common definitions and their practical consequences. *Canadian Veterinary Journal* **44**, 496-499.

**Hewson CJ, Dohoo IR and Lemke KA** (2007) Factors affecting Canadian veterinarians' use of analgesics when dehorning beef and dairy calves. *Canadian Veterinary Journal* **48**, 1129-36.

**Hogan JS, Smith KL, Hoblet KH, Todhunter DA, Schoenberger PS, Hueston WD, Pritchard DE, Bowman GL, Heider LE, Brockett BL, and H. R. Conrad** (1989b) Bacterial counts in bedding materials used on nine commercial dairies. *Journal of Dairy Science* **72** (1), 250-258.

**Hostiou N, Fagon J, Chauvat S, Turlot A, Kling-Eveillard F, Boivin X and Allain C** (2017) Impact of precision livestock farming on work and human-animal interactions on dairy farms. A review. *Biotechnologie, Agronomie. Société et Environnement* **21**, 268-275.

**Huber J, Arnholdt T, Möstl E, Gelfert CC and Drillich M** (2013) Pain management with flunixin meglumine at dehorning of calves. *Journal of Dairy Science* **96**, 132-140.

**Hughes BO** (1976) Behavior as an index of welfare. *Proceedings V European Poultry Conference*. Malta, 1005-1018.

**Husfeldt AW, Endres MI, Salfer JA and Janni KA** (2012) Management and characteristics of recycled manure solids used for bedding in Midwest free-stall dairy herds. *Journal of Dairy Science* **95**, 2195-2203. 10.3168/jds.2011-5105.

**Irrgang N** (2012) Horns in cattle – implications of keeping horned cattle or not. *Aus dem Fachgebiet Nutztierethologie und Tierhaltung. Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften Universität Kassel. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Agrarwissenschaften (Dr. agr.). Witzenhausen, im Juli 2012.*

**Ito K, Weary DM and von Keyserlingk MAG** (2009) Lying behavior: assessing within- and between-herd variation in free-stall-housed dairy cows. *Journal of Dairy Science* **92**, 4412-4420.

**Janni KA, Endres MI, J. K. Reneau JK, and Schoper WW** (2006) Compost dairy barn layout and management recommendations. *American Society of Agricultural and Biological Engineers, Boston, MA. Pages 97-102 in ASAE Annual Meeting Vol. 23(1).*

**Ji B, Banhazi TM, Wang C and Li B** (2017) PLF Technologies: model development for solving heat stress problems on dairy farms. *Proceedings of 8th European Conference on Precision Livestock Farming. Nantes, France.*

**Johansen PF, Johannesson T and Sande P** (2001) Assessment of farm animal welfare at herd level: Many goals, many methods. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A, Animal Science Supplementum* **30**, 26-33.

**Johansson A, Blokhuis H, Berckmans D and Butterworth A** (2015) Development of an automated method to assess human-animal relationship in broilers at the flock level. *Proceedings of the 7th European Conference on Precision Livestock Farming. Milan, Italy.*

**Kammel DW** (2004) Design and maintenance of a bedded pen (pack) housing system in *Proceedings Midwest Herd Health Conference. University of Wisconsin, Madison, WI, Eau Claire, WI.*

**Kawasaki M, Kawamura S, Tsukahara M, Morita S, Komiya M and Natsuga M** (2008) Near-infrared spectroscopic sensing system for on-line milk quality assessment in a milking robot. *Computers and Electronics in Agriculture* **63**, 22-27.

**Kent JE** (1999) Mutilations: a necessary evil. *The Veterinary Journal* **158**, 1-3.

**Kleinhenz MD, Van Engen NK, Gorden PJ, KuKanich B, Rajewski SM, Walsh P and Coetzee JF** (2016) The pharmacokinetics of transdermal flunixin meglumine in Holstein calves. *Journal of Veterinary Pharmacology Therapeutics* **39** (6), 612-615.

**Kling-Eveillard F, Knierim U, Irrgang N, Gottard F, Ricci R and Dockès AC** (2015) Attitudes of farmers towards dehorning. *Livestock Science* **179**, 12-21.

**Knierim U, Irrgang N, Roth B and Gorniak T** (2009) Report on the assessment of dehorning and the keeping of horned dairy and beef cattle. University of Kassel, Germany, pp. 1-37.

**Knierim U and Winckler C** (2009) On-farm welfare assessment in cattle: Validity, reliability and feasibility issues and future perspectives with special regard to the Welfare Quality® approach. *Animal Welfare* **18**, 451-458.

**Koiwa M, Taguchi K, Sakemi Y, Otsuka H and Sano K** (2005) Practical training of veterinary internal medicine in cattle. 36th. Weak calf syndrome in the Holstein. *Journal of Clinical Veterinary Medicine* **23** (6), 30-35.

**Kolb E** (1987) *Fisiología Veterinaria*, 3ª ed., Ed. Acribia, Zaragoza, 1115 p.

**Krukowski M** (2009) Automatic determination of body condition score of dairy cows from 3D images (MSc Thesis). Stockholm, Sweden: Royal Institute of Technology, School of Computer Science and Communication.

**Kumbhat S, Meyer N and Schurr MJ** (2004) Complex regional pain syndrome as a complication of a chemical burn to the foot. *Journal of Burn Care & Rehabilitation* **25**, 189-191

**Kupczyński R, Anna Budny A, Śpitalniak K and Tracz E** (2014) Dehorning of calves – methods of pain and stress alleviation – a review. *Annals of Animal Science* **14** (2), 231-243.

**Lagneaux S and Servais O** (2014) De la traite robotisée au raid d'avatars. Incorporation et virtualisation. *Parcours Anthropology* **9**, 73-101.

**Landoni MF, Cunningham FM and Lees P** (1995) Pharmacokinetics and pharmacodynamics of ketoprofen in calves applying PK/PD modeling. *Journal of Veterinary Pharmacology Therapeutics* **18**, 315-24.

**Lawrence AB and Appleby MC** (1996) Welfare of extensively farmed animals: principles and practice. *Applied Animal Behaviour Science*, Amsterdam v.**49**, p.1-8.

**Leeb CH, Main DCJ, Whay HR and Webster AJF** (2004) Bristol Welfare Assurance Programme—Cattle assessment. University of Bristol, UK.

**Leiber F, Holinger M, Zehner N, Dorn K, Probst JK and Neff AS** (2016) Intake estimation in dairy cows fed roughage-based diets: an approach based on chewing behaviour measurements. *Applied Animal Behaviour Science* **185**, 9-14.

**Leslie KE and Petersson-Wolfe CS** (2012) Assessment and management of pain in dairy cows with clinical mastitis. *Veterinary Clinics of North of America-Food Animal Practice* **28**, 289-305.

**Liang D** (2013) Estimating the economic losses from diseases and extended days open with a farm-level stochastic model. Thesis degree of Master of Science in the Department of Animal and Food Sciences College of Agriculture, Food, and Environment at University of Kentucky. Lexington, Kentucky, USA.

**Lightman SL and Young WS** (1988) Corticotrophin-releasing factor, vasopressin and proopiomelanocortin mRNA responses to stress and opiates in the rat. *The Journal of Physiology* **403**, 511-523.

**Little W, Collis KA, Gleed PT, Sansom BF, Allen WM and Quick AJ** (1980) Effect of reduced water intake by lactating dairy cows on behavior, milk yield and blood composition. *Veterinary Record* **106**, 547-551.

**Lobeck KM, Endres MI, Shane EM, Godden SM, and Fetrow J** (2011) Animal welfare in cross-ventilated, compost bedded pack, and naturally ventilated dairy barns in the upper Midwest. *Journal of Dairy Science* **94** (11), 5469-5479.

**Ma B, Wei W, Xia ZF, Tang HT, Zhu SH, Wang Y, Wang GY, Cheng DS and Xiao SC** (2007) Mass chemical burn casualty: emergency management of 118 patients with alkali burn during a Matsa typhoon attack in Shanghai, China in 2005. *Burns* **33**, 565-571.

**Maertens W and Van Nuffel A** (2009) Lameness: Is it that easy to give a subjective score to a painful condition? 2nd Boehringer Ingelheim Expert Forum on Farm Animal Well-Being, pp. 50-53.

**Main DCJ, Whay HR, Green LE and Webster AJF** (2003) Effect of the RSPCA Freedom Food scheme on the welfare of dairy cattle. *Veterinary Record* **153**, 227-231.

**Manteuffel G, Puppe B and Schön PC** (2004) Vocalization of farm animals as a measure of welfare. *Applied Animal Behaviour Science* **88**, 163-182.

**Maroto-Molina F, Navarro-García J, Príncipe-Aguirre K, Gómez Maqueda I, Guerrero-Ginel JE, Garrido-Varo A and Pérez-Marín DC** (2019) A low-cost IoT-based system to monitor the location of a whole herd. *Sensors* **19**, 2298.

**Marple DN, Aberle ED, Forrest JC, Blake WH and Judge MD** (1972) Endocrine responses of stress susceptible and stress resistant swine to environmental stressors. *Journal of Animal Science* **35**, 576-579.

**Mason WA, Mendoza SP and Moberg GP** (1991) Persistent effects of early social experience on physiological responsiveness. In: Ehara, A., Kimura, T., Takenaka, D. and Iwamoto, M. (eds) *Primate Today*. Elsevier Sciences Publishers, Amsterdam, pp. 469-471.

**Mattachini G, Antler A, Riva E, Arbel A and Provolo G** (2013) Automated measurement of lying behaviour for monitoring the comfort and welfare of lactating dairy cows. *Livestock Science* **158**, 145-150.

**McMeekan CM, Mellor DJ, Stafford KJ, Bruce RA, Ward RN and Gregory NG** (1998a) Effects of local anaesthesia of 4 to 8 hours duration in the acute cortisol response to scoop dehorning in calves. *Australian Veterinary Journal* **76** (4), 281-5.

**McMeekan CM, Stafford KJ, Mellor DJ, Bruce RA, Ward RN and Gregory NG** (1998b) Effect of regional analgesia and/or a non-steroidal-anti-inflammatory analgesic on the acute cortisol response to dehorning in calves. *Research in Veterinary Science* **64** (2), 147-50.

**McMeekan CM, Stafford KJ, Mellor DJ, Bruce RA, Ward RN and Gregory NG** (1999) Effects of a local anaesthetic and a nonsteroidal anti-inflammatory analgesic on the behavioural responses of calves to dehorning. *New Zealand Veterinary Journal* **47**, 92-96.

**Meintjes RA** (2012) An overview of the physiology of pain for the veterinarian. *The Veterinary Journal* **193**, 344-348.

**Mellor DJ, Stafford KJ, Todd SE, Lowe TE, Gregory NG, Bruce RA and Ward RN** (2002) A comparison of catecholamine and cortisol responses of young lambs and calves to painful husbandry procedures. *Australian Veterinary Journal* **80**, 228-233.

**Miedema H** (2009) Calving difficulty in dairy cows and behavioural changes before parturition. 2nd Boehringer Ingelheim Expert Forum on Farm Animal Well-Being, pp. 20-24.

**Milligan BN, Duffield T and Lissemore K** (2004) The utility of ketoprofen for alleviating pain following dehorning in young dairy calves. *Canadian Veterinary Journal* **45**, 140-143.

**Mintline EM, Stewart M, Rogers AR, Cox NR, Verkerk GA and Stookey JM** (2013) Play behaviour as an indicator of animal welfare: disbudding in dairy calves. *Applied Animal Behaviour Science* **144**, 22-30.

**Moberg GP** (1985) Biological response to stress: key to assessment of animal well-being? In: Moberg, G.P. (ed.) *Animal Stress*. American Physiological Society, Bethesda, Maryland, pp. 27-49.

**Moberg GP** (1991) How behavioral stress disrupts the endocrine control of reproduction in domestic animals. *Journal of Dairy Science* **74**, 304-311.

**Mohd-Nor NM, Steeneveld W and Hogeveen H** (2014) The average culling rate of Dutch dairy herds over the years 2007 to 2010 and its association with herd reproduction, performance and health. *Journal of Dairy Research* **81**, 1-8.

**Molento CFM** (2005) Bem-estar e produção animal: aspectos econômicos – revisão. *Archives of Veterinary Science* **10** (1), 1-11.

**Molina L, Agüera E, Maroto-Molina F and Pérez-Marín CC** (2019) Assessment of on-farm welfare for dairy cattle in southern Spain and its effects on reproductive parameters. *Journal of Dairy Research* **86**, 165-170.

**Morisse JP, Cotte JP and Huonnic D** (1995) Effect of dehorning on behaviour and plasma cortisol responses in young calves. *Applied Animal Behaviour Science* **43**, 239-47.

**Mottram T** (2016) Precision livestock farming for dairy cows with a focus on oestrus detection. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience* **10**, 1575-1584.



**Mülleder C, Troxler J, Laaha G and Waiblinger S** (2007) Can environmental variables replace some animal-based parameters in welfare assessment of dairy cows?. *Animal Welfare* **16**, 153-156.

**Munksgaard L and Simonsen HB** (1996) Behavioral and pituitary adrenal-axis responses of dairy cows to social isolation and deprivation of lying down. *Journal of Dairy Science* **74**, 769-778.

**Naceur M, Frouja S, Aloulou R, Bouallegue M, Kaur S, Brar SK & Hamouda MB** (2012) Dairy cattle welfare status measured by animal-linked parameters under Tunisian rearing conditions. In *Milk production -an up-to-date verview of animal nutrition, management and health*, pp. 289-308 (Ed. N. Chaiyabutr). Rijeka, Croatia: InTech.

**NFACC** (2009) Code of practice for the care and handling of dairy cattle. National Farm Animal Care Council. <http://nfacc.ca/> (accessed 19.03.15).

**Nóbrega N and Isidro P** (2008) Dor, sensciência e bem-estar em animais – grandes animais. *Ciência Veterinária Trópicos, Recife* **11** (1), 26-30.

**NYSCHAP** (2002) Bedding materials and udder health. in *Mastitis Module Fact Sheet*. New York State Cattle Health Assurance Program, Accessed May 4, 2014. <http://nyschap.vet.cornell.edu/module/mastitis/section1/BeddingMaterialsUdderHealth.pdf>.

**Odensvik K and Johansson IM** (1995) High-performance liquid chromatography method for determination of flunixin in bovine plasma and pharmacokinetics after single and repeated doses of the drug. *American Journal of Veterinary Research* **56**, 489-495.

**Olsson SO, Baekbo P, Hansson SO, Rautala H and Østeras O** (2001) Disease recording systems and herd health schemes for production diseases. *Acta Veterinaria Scandinavica* **94**, 51-60.

**Oltenacu PA, Algers B** (2005) Selection for increased production and the welfare of dairy cows: are new breeding goals needed? *Ambio* **34**, 4-5.

**Ostojić-Andrić D, Hristov S, Novaković Z, Pantelić V, Petrović MM, Zlatanović Z and Nikšić D** (2011) Dairy cow's welfare quality in loose vs tie housing system. *Biotechnology Animal Husbandry* **27**, 975-984.

**Oudshoorn FW, Cornou C, Hellwing ALF, Hansen HH, Munksgaard L, Lund P and Kristensen T** (2013) Estimation of grass intake on pasture for dairy cows using tightly and loosely mounted

di- and tri-axial accelerometers combined with bite count. *Computers and Electronics in Agriculture* **99**, 227-235.

**Ouellet V, Vasseur E, Heuwieser W, Burfeind O, Maldague X and Charbonneau E** (2016) Evaluation of calving indicators measured by automated monitoring devices to predict the onset of calving in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science* **99**, 1539-1548.

**Pacak K and Palkovits M** (2001) Stressor specificity of central neuroendocrine responses: implications for stress-related disorders. *Endocrine Reviews* **22**, 502-48.

**Palombi C, Paolucci M, Stradaoli G, Corubolo M, Pascolo PB and Monaci M** (2013) Evaluation of remote monitoring of parturition in dairy cattle as a new tool for calving management. *BMC Veterinary Research* **9**, 191.

**Parkinson TJ, England GCW and Arthur GH** (2001) Fetal dystocia: aetiology and incidence A2 - Noakes. In: David, E. (Ed.), *Arthur's Veterinary Reproduction and Obstetrics*, eighth ed. W.B. Saunders, Oxford, Chapter 11, pp. 245-263.

**Pastell M, Frondelius L, Jarvinen M and Backman J** (2018) Filtering methods to improve the accuracy of indoor positioning data for dairy cows. *Biosystems Engineering* **169**, 22-31.

**Peterson PK, Chao CC, Molitor T, Murtaugh M, Strgar F and Sharp BM** (1991) Stress and the pathogenesis of infectious disease. *Reviews in Infectious Diseases* **13**, 710-720.

**Petrie NJ, Mellor DJ and Stafford KJ** (1996) Cortisol responses of calves to two methods of disbudding used with or without local anaesthesia. *New Zealand Veterinary Journal* **44** (1), 9-14.

**Petzen J, Wolfanger C, Bonhotal J, Schwarz M, Terry T and Youngers N** (2009) Case study: Eagleview compost dairy barn. Cornell Cooperative Extension of Wyoming County, Warsaw, NY, Accessed August 4, 2014. <http://counties.cce.cornell.edu/wyoming>.

**Philipot JM, Pluvinage P, Cimarosti I, Sulpice P and Bugnard F** (1994) Risk factors of dairy cow lameness associated with housing conditions. *Veterinary Research* **25** (2-3), 244-248.

**Phillips CJC and Schofield SA** (1994) The effect of cubicle and straw yard housing on the behaviour, production and hoof health of dairy cows. *Animal Welfare* **3**, 37-44.

**Phillips CJ and Morris ID** (2002) The ability of cattle to distinguish between, and their preference for, floors with different levels of friction, and their avoidance of floors contaminated with excreta. *Animal Welfare* **11**, 21-29.

**Popescu S, Borda C, Diugan EA, Spinu M, Groza IS and Sandru CD** (2013) Dairy cows welfare quality in tie-stall housing system with or without access to exercise. *Acta Veterinaria Scandinavica* **55**, 43.

**Porto SMC, Arcidiacono C, Anguzza U and Cascone G** (2013) A computer vision-based system for the automatic detection of lying behaviour of dairy cows in free-stall barns. *Biosystems Engineering* **115**, 184-194.

**Poursaberi A, Bahr C, Pluk A, Van Nuffel A and Berckmans D** (2010) Real-time automatic lameness detection based on back posture extraction in dairy cattle: shape analysis of cow with image processing techniques. *Computers and Electronics in Agriculture* **74**, 110-119.

**Prayaga K C** (2007) Genetic options to replace dehorning in beef cattle - A review. *Australian Journal of Agricultural Research* **58**, 1-8.

**Prunier A, Mounier L, Le Neindre P, Leterrier C, Mormède P, Paulmier V, Prunet P, Terlouw C and Guatteo R** (2013) Identifying and monitoring pain in farm animals: a review. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience* **7**, 998-1010.

**Rachah A, Reksen O, Jansen DC and Lovendahl P** (2018) Towards a validation protocol for sensor information in dairy herd management. *Proceedings of the 5th DairyCare Conference, Thessaloniki, Greece*. p. 30.

**Raussi S** (2003) Human–cattle interactions in group housing. *Applied Animal Behaviour Science* **80**, 245-262.

**Regula G, Danuser J, Spycher B and Wechsler B** (2004) Health and welfare of dairy cows in different husbandry systems in Switzerland. *Preventive Veterinary Medicine* **66**, 247-264.

**Relić R and Vuković D** (2013) Reproductive problems and welfare of dairy cows. *Bulletin UASVM. Veterinary Medicine* **70**, 301-309.

**Rivest S and Rivier C** (1995) The role of corticotropin-releasing factor and interleukin-1 in the regulation of neurons controlling reproductive functions. *Endocrine Reviews* **16**, 177-199.

**Roche JR, Friggens NC, Kay JK, Fisher MW, Stafford KJ and Berry DP** (2009) Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *Journal of Dairy Science* **92**, 5769-5801.

**Rock JP, Oldfield EH, Schulte HM, Gold PW, Komblith PL, Loriaux L and Chrousos GP** (1984) Corticotropin releasing factor administered into the ventricular CSF stimulates the pituitary-adrenal axis. *Brain Research* **323**, 365-368.

**Rushen J, Haley D and de Passille AM** (2007) Effect of softer flooring in tie stalls on resting behavior and leg injuries of lactating cows. *Journal of Dairy Science* **90**, 3647-3651.

**Rushen J, Butterworth A and Swanson JC** (2011) Animal behavior and wellbeing symposium: farm animal welfare assurance: science and application. *Journal of Animal Science* **89**, 1219-1228.

**Russell RA and Bewley JM** (2013) Characterization of Kentucky dairy producer decision-making behavior. *Journal of Dairy Science* **96** (7), 4751-8.

**Rutten CJ, Velthuis AGJ, Steeneveld W and Hogeveen H** (2013) Invited review: Sensors to support health management on dairy farms. *Journal of Dairy Science* **96** (4), 1928-1952.

**Rutter B** (2015) Patologías podales infecciosas y no infecciosas en vacas lecheras. I Congreso Internacional de producción animal especializada en bovinos, Maskana.

**SANCO** (2009) Directorate General for Health and Consumers, Animal Health and Welfare Directorate SANCO/2008/D5/018.

**Sandgren CH, Lindberg A and Keeling LJ** (2009) Using a national dairy database to identify herds with poor welfare. *Animal Welfare* **18**, 523-532.

**Schefers JM, Weigel KA, Rawson CL, Zwald NR and Cook NB** (2010) Management practices associated with conception rate and service rate of lactating Holstein cows in large, commercial dairy herds. *Journal of Dairy Science* **93**, 1459-1467.

**Schewe RL and Stuart D** (2015) Diversity in agricultural technology adoption: how are automatic milking systems used and to what end?. *Agriculture and Human Values* **32**, 199-213.

**Schreiner DA and Ruegg PL** (2003) Relationship between udder and leg hygiene scores and subclinical mastitis. *Journal of Dairy Science* **89**(11), 3460-3465.

**Sellén J, Sellén E, Barroso L y Sellén S** (2009) Evaluación y diagnóstico de la hipertensión arterial. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, **28** (1).

**Selye H** (1936) A syndrome produced by diverse noxious agents. *Nature* **138**, 32.

- Selye H** (1976) Further thoughts on "stress without distress". *Med Times* **104**, 124-144.
- Seo Y, Lee H, Mo C, Kim MS, Baek I, Lee J and Cho B** (2019) Multispectral fluorescence imaging technique for on-line inspection of fecal residues on poultry carcasses. *Sensors (Basel)* **19**, 3483.
- Sheridan JF, Dobbs C, Jung J, Chu X, Konstantinos A, Padgett D and Glaser R** (1998) Stress-induced neuroendocrine modulation of viral pathogenesis and immunity. *Annals of the New York Academy of Sciences* **840**, 803-808.
- Siivonen J, Taponen S, Hovinen M, Pastell M, Lensink BJ and Pyöräläsand Hänninen L** (2011) Impact of acute clinical mastitis on cow behaviour. *Applied Animal Behaviour Science* **132**, 101-106.
- Sogstad AM, Fjeldaas T and Osteras O** (2005) Lameness and claw lesions of the Norwegian Red dairy Cattle housed in loose stalls in relation to environment, parity and stage of lactation. *Acta Veterinaria Scandinavica* **46**, 203-2017.
- Stafford KJ, Mellor DJ and Todd SE** (2003) The effect of different combinations of lignocaine, ketoprofen, xylazine and tolazoline on the acute cortisol response to dehorning in calves. *New Zealand Veterinary Journal* **51** (5), 219-26.
- Stafford KJ and Mellor DJ** (2005) Dehorning and disbudding distress and its alleviation in calves. *The Veterinary Journal* **169**, 337-349.
- Stafford KJ and Mellor DJ** (2011) Addressing the pain associated with disbudding and dehorning in cattle. *Applied Animal Behaviour Science* **135**, 226-31.
- Steiger Burgos M, Senn M, Sutter F, Kreuzer M and Langhans W** (2001) Effect of water restriction on feeding and metabolism in dairy cows. *American Journal Physiology Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* **280**, 418-427.
- Stewart M, Webster J, Schaefer A, Cook N and Scott S** (2005) Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. *Animal Welfare* **14**, 319-325.
- Stewart M, Schaefer AL, Haley D, Colyn J, Cook NJ, Stafford KJ and Webster JR** (2008) Infrared thermography as a non-invasive method for detecting fear-related responses of cattle to handling procedures. *Animal Welfare* **17**, 387-393.

**Stewart M, Stafford K, Dowling S, Schaefer A and Webster J** (2008) Eye temperature and heart rate variability of calves disbudded with or without local anaesthetic. *Physiology Behaviour* **93**, 789-797.

**Stilwell G, Lima MS and Broom D** (2008) Comparing plasma cortisol and behaviour of calves dehorned with caustic paste after non-steroidal-anti-inflammatory analgesia. *Livestock Science* **119**, 63-9.

**Stilwell G, de Carvalho RC and Lima MS** (2009) Effect of caustic paste disbudding, using local anaesthesia with and without analgesia on behaviour and cortisol of calves. *Applied Animal Behaviour Science* **116**, 35-44.

**Stilwell G, Carvalho RC and Carolino N** (2010) Effect of hot-iron disbudding on behaviour and plasma cortisol of calves sedated with xylazine. *Research in Veterinary Science* **88** (1), 188-93.

**Stock ML, Baldrige SL, Griffin D and Coetzee JF** (2013) Bovine dehorning: assessing pain and providing analgesic management. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* **29** (1), 103-133.

**Stratakis CA, Gold PW and Chrousos GP** (1995) Neuroendocrinology of stress: implications for growth and development. *Hormone Research* **43**, 162–167.

**Streyll D, Sauter-Louis C, Braunert A, Lange D, Weber F and Zerbe H** (2011) Establishment of a standard operating procedure for predicting the time of calving in cattle. *Journal of Veterinary Science* **12**, 177-185.

**Stricklin WR and Kautz-Scanavy CC** (1984) The role of behaviour in cattle production: a review of research. *Applied Animal Ethology* **11**, 359-90.

**Suarez-Mena FX, Hu W, Dennis TS, Hill TM and Schlotterbeck RL** (2016)  $\beta$ -Hydroxybutyrate (BHB) and glucose concentrations in the blood of dairy calves as influenced by age, vaccination stress, weaning, and starter intake including evaluation of BHB and glucose markers of starter intake. *Journal of Dairy Science* **100**, 2614-2624.

**Summer GJ, Puntillo KA, Miaskowski C, Green PG, Levine JD** (2007) Burn injury pain: the continuing challenge. *The Journal of pain* **8**, 533-48.

**Sylvester SP, Mellor DJ, Stafford KJ, Bruce RA and Ward RN** (1998) Acute cortisol responses of calves to scoop dehorning using local anaesthesia and /or cautery on the wound. *Australian Veterinary Journal* **76**, 118-22.

**Sylvester SP, Stafford J, Mellor DJ, Bruce A, Ward RN** (2004) Behavioural responses of calves to amputation dehorning with and without local anaesthesia. *Australian Veterinary Journal* **82**, 697-700.

**Theurer ME, White BJ and Coetzee JF** (2012) Assessment of behavioral changes associated with oral meloxicam administration at time of dehorning in calves using a remote triangulation device and accelerometers. *BMC Veterinary Research* **8**, 48.

**Thiry J, Fournier R, Roy O and Catala M** (2017) Evaluation of flunixin meglumine pour-on administration on prostaglandin E2 concentration in inflammatory exudate after induction of inflammation in cattle *Research in Veterinary Science* **114**, 294-296.

**Thorpe WH** (1965) The assessment of pain and distress in animals. Appendix III in Report of the Technical Committee to Enquire into the Welfare of Animals Kept under Intensive Husbandry Conditions, F.W.R. Brambell (chairman). London: H.M.S.O.

**Trevisi E, Bionaz M, Piccioli-Cappelli F, Bertoni G** (2006) The management of intensive dairy farms can be improved for better welfare and milk yield. *Livestock Production Science* **103**, 231-236.

**Thorup VM** (2015) Lameness and activity monitoring: an introduction, status and future perspectives. *Proceedings of the second DairyCare Conference, Cordoba, Spain*, p. 19.

**Thorup VM, Munksgaard L, Robert PE, Erhard HW, Thomsen PT and Friggens NC** (2015) Lameness detection Via leg-mounted accelerometers on dairy cows on four commercial farms. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience* **9**, 1704-1712.

**Thurgood JM, Comer CM, Flaherty DJ, and Kiraly M** (2009) Bedded pack management system case study. *Proceeding 5th National Small Farm Conference, September 15 - 17 Hilton Springfield Hotel and Prairie Convention Center, Springfield, IL*.

**Tøgersen FA, Skjøth F, Munksgaard L and Højsgaard S** (2010) Wireless indoor tracking network based on Kalman filters with an application to monitoring dairy cows. *Computers and Electronics in Agriculture* **72**, 119-126.

**Turner LW, Udal MC, Larson BT and Shearer SA** (2000) Monitoring cattle behaviour and pasture use with GPS and GIS. *Canadian Journal of Animal Science* **80**, 405-413.

**Ungemach FR** (2006) Pharmaka zur Beeinflussung von Entzündungen. Pages 364–403 in *Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren*. W. Löscher, F. R. Ungemach, and R. Kroker, ed. 7th ed. Parey, Stuttgart, Germany.

**Van De Gucht T, Saeys W, Van Weyenberg S, Lauwers L, Mertens K, Vandaele L, Vangeyte J and Van Nuffel A** (2017) Automatic cow lameness detection with a pressure mat: effects of mat length and sensor resolution. *Computers and Electronics in Agriculture* **134**, 172-180.

**Vandermeulen J, Bahr C, Johnston D, Earley B, Tullo E, Fontana I, Guarino M, Exadaktylos V and Berckmans D** (2016) Early recognition of bovine respiratory disease in calves using automated continuous monitoring of cough sounds. *Computers and Electronics in Agriculture* **129**, 15-26.

**Van Hertem T** (2015) Does lameness detection improve with a multi-sensor system? *Proceedings of the 2nd DairyCare Conference, Cordoba, Spain*, p. 20.

**Veissier I, Kling-Eveillard F, Mialon MM, Silberberg M, De Boyer A, Terlouw C, Ledoux D, Meunier B and Hostiou N** (2019) Élevage de précision et bien-être en élevage: la révolution numérique de l'agriculture permettra-t-elle de prendre en compte les besoins des animaux et des éleveurs? *INRA Productions Animales* **32**, 281-290.

**Vickers KJ, Niel L and Kiehlbauch LM** (2005) Calf response caustic paste and hot-iron dehorning using sedation and without local anaesthetic. *Journal of Dairy Science* **88** (4), 1454-9.

**Villalba T** (2015) 40 años de bienestar animal 1974-2014. Guía de la legislación comunitaria sobre bienestar animal. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.

**Viña A, Henebry GM and Gitelson AA** (2004) Satellite monitoring of vegetation dynamics: sensitivity enhancement by the wide dynamic range vegetation index. *Geophysical Research Letters* **31**, L04503.

**Vokey FJ, Guard CL, Erb HN, and Galton DM** (2001) Effects of alley and stall surfaces on indices of claw and leg health in dairy cattle housed in a free-stall barn. *Journal of Dairy Research* **84** (12), 2686-2699.



**von Keyserlingk MAG, Rushen J, De Pasille AM and Weary DM** (2009) The welfare of dairy cattle-key concepts and the role of science. *Journal of Animal Science* **94**, 4101-4111.

**Waiblinger S, Knierim U and Winckler C** (2001) The development of an epidemiologically based on-farm welfare assessment system for use with dairy cows. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A, Animal Science Supplementum* **30**, 73-77.

**Weary DM, Neil L, Flower FC and Fraser D** (2006) Identifying and preventing pain in animals. *Applied Animal Behaviour Science* **100**, 64-76.

**Webster AJF, Main DCJ and Whay HR** (2004) Welfare assessment: Indices from clinical observation. *Animal Welfare* **13**, 93– 98.

**Wei LS, Gan Q and Ji T** (2018) Skin disease recognition method based on image colour and texture features. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2018, 1-10.

**Welfare Quality® assessment protocol for cattle** (2009) Welfare Quality® Consortium, Lelystad Netherlands, ISBN/EAN 978-90-78240-04-4, 180 p.

**Whay HR, Main DCJ, Green LE and Webster AJF** (2003) Assessment of the welfare of dairy cattle using animal-based measurements: Direct observations and investigation of farm records. *Veterinary Record* **153**, 197-202

**Wilkins DB** (2004) Expectativas del movimiento internacional de Bienestar Animal. In: Global conference animal welfare: an OIE initiative. París, Francia. pp. 74.

**Winckler C, Capdeville J, Gebresenbet G, Horning B, Roiha V, Tosi M and Waiblinger S** (2003) Selection of parameters for on – farm welfare- Assessment protocols in cattle and buffalo. *Animal Welfare* **12**, 19-624.

**Winder CB, Miltenburg CL, Sargeant JM, Leblanc SJ, Haley DB and Lissemore KD** (2018) Effects of local anesthetic or systemic analgesia on pain associated with cautery disbudding in calves: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Dairy Science* **101**, 1-17.

**Windham WR, Lawrence KC, Park B and Buhr RJ** (2003) Visible/NIR spectroscopy for characterising faecal contamination of chicken carcasses. *Transactions of the ASAE* **46**, 747-751.

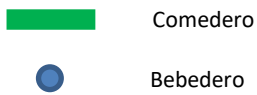
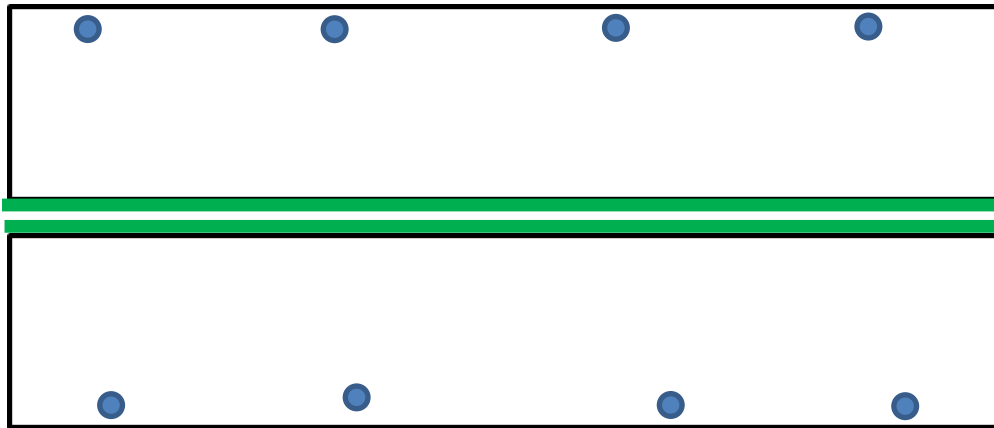
**Yano K, Hata Y, Matsuka K, Ito O and Matsuda H** (1993) Experimental study on alkaline skin injuries—periodic changes in subcutaneous tissue pH and the effects exerted by washing. *Burns* **19**, 320-323.

**Zappavigna P, Lensink J, Flaba J, Ventorp M, Greaves R, Heiko G, Ofner-Schrock E, Ryan T, Van Gaenegem L (2014)** The design of dairy cow and replacement heifer housing. Report of the CIGR Section II Working Group. Commission Internationale du Génie Rural, pp: 60. 10.6092/unibo/amsacta/4272.



**ANEXOS**

**GANADERÍA 1**



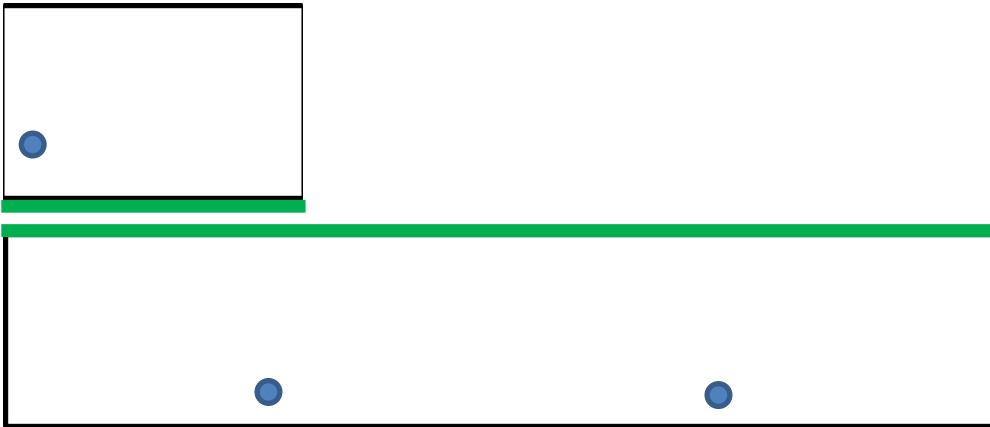
Nº vacas productivas	189
Nº cubículos	208
Ancho cubículos	1.2
Largo cubículos	2
M2	2.4
Nº cornadizas	192
Arrobaderas	Sí

Intervalo entre partos	437.6
Días abiertos	157.6
Intervalo entre parto- 1ª inseminación	76.36
Inseminaciones/concepción	2.92
Fertilidad	36.99
% Detección de celos	51.15
Días en leche	176
Media de litros	37

% Vacas delgadas	14.06
Cm/bebedero/vaca	6.34
Limpieza de bebedero	0
Funcionalidad de bebedero	0
Suciedad parte inferior patas traseras (%)	39.06
Suciedad cuarto superior patas traseras (%)	7.81
Suciedad de ubre (%)	6.5
Tiempo necesario para tumbarse (seg)	4.7
% Colisiones	16.66
%Animales tumbados parcial o totalmente fuera del área de descanso	3.22
% Vacas sin alteraciones en la piel	95.31
% Vacas con alteración en la piel	4.68
% Vacas con lesiones en la piel	0
% Vacas con cojera severa	9.37
% Vacas secreción nasal	35.93
Tos	0
Respiración dificultada	0
% Vacas con secreción ocular	1.56
% Vacas con diarrea	4.68
% Vacas con secreción vulvar	3.12
Disponibilidad de área de descanso sin techar	No
Acceso a pasto	0
Método usado para descornado	Químico
Edad de descornado	1 mes
%Vacas adultas con cuernos	0
% Vacas adultas con cola cortada	0



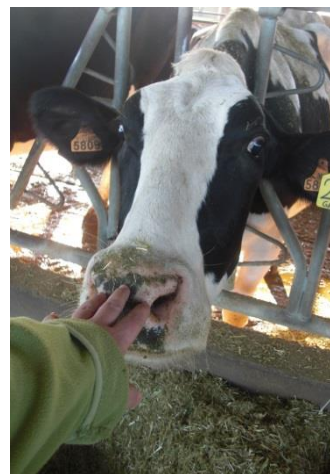
**GANADERÍA 2**



Nº vacas productivas	106
Nº cubículos	72
Ancho cubículos	1.25
Largo cubículos	1.85
M2	2.3
Nº cornadizas	70
Arrobaderas	Sí

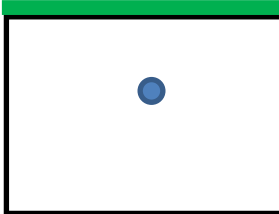
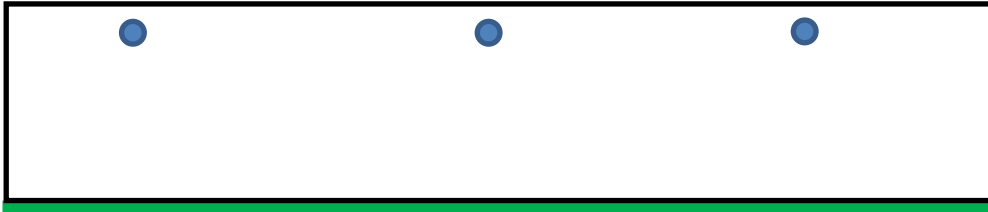
Intervalo entre partos	398.1
Días abiertos	122.9
Intervalo entre parto- 1ª inseminación	95.15
Inseminaciones/concepción	1.96
Fertilidad	51
% Detección de celos	60.64
Días en leche	161
Media de litros	39.9

% Vacas delgadas	17.3
Cm/bebedero/vaca	5.18
Limpieza de bebedero	0
Funcionalidad de bebedero	0
Suciedad parte inferior patas traseras (%)	15.38
Suciedad cuarto superior patas traseras (%)	3.84
Suciedad de ubre (%)	3.84
Tiempo necesario para tumbarse (seg)	4.65
% Colisiones	28.57
%Animales tumbados parcial o totalmente fuera del área de descanso	0
% Vacas sin alteraciones en la piel	88.46
% Vacas con alteración en la piel	9.61
% Vacas con lesiones en la piel	1.92
% Vacas con cojera severa	5.76
% Vacas secreción nasal	26.92
Tos	0
Respiración dificultada	0
% Vacas con secreción ocular	5.76
% Vacas con diarrea	1.92
% Vacas con secreción vulvar	3.84
Disponibilidad de área de descanso sin techar	No
Acceso a pasto	0
Método usado para descornado	Térmico
Edad de descornado	1.5 meses
%Vacas adultas con cuernos	0
% Vacas adultas con cola cortada	0





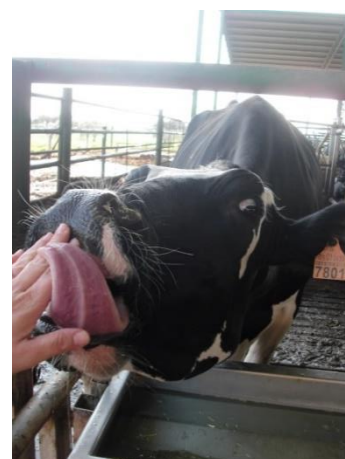
**GANADERÍA 3**



Nº vacas productivas	99
Nº cubículos	88
Ancho cubículos	1.25
Largo cubículos	1.9
M2	2.37
Nº cornadizas	105
Arrobaderas	Sí

Intervalo entre partos	474.1
Días abiertos	193.1
Intervalo entre parto- 1ª inseminación	91.6
Inseminaciones/concepción	3.32
Fertilidad	33.92
% Detección de celos	59.36
Días en leche	189
Media de litros	40.5

% Vacas delgadas	14.28
Cm/bebedero/vaca	6.06
Limpieza de bebedero	0
Funcionalidad de bebedero	0
Suciedad parte inferior patas traseras (%)	24.48
Suciedad cuarto superior patas traseras (%)	16.32
Suciedad de ubre (%)	12.24
Tiempo necesario para tumbarse (seg)	4
% Colisiones	16.66
%Animales tumbados parcial o totalmente fuera del área de descanso	1.25
% Vacas sin alteraciones en la piel	83.67
% Vacas con alteración en la piel	12.24
% Vacas con lesiones en la piel	4.08
% Vacas con cojera severa	4.08
% Vacas secreción nasal	34.69
Tos	0
Respiración dificultada	0
% Vacas con secreción ocular	2.04
% Vacas con diarrea	6.12
% Vacas con secreción vulvar	0
Disponibilidad de área de descanso sin techar	No
Acceso a pasto	0
Método usado para descornado	Térmico
Edad de descornado	2.5 meses
%Vacas adultas con cuernos	0
% Vacas adultas con cola cortada	0



**GANADERÍA 4**



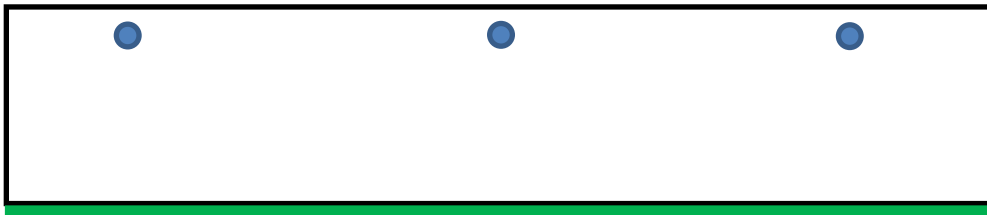
Nº vacas productivas	106
Nº cubículos	100
Ancho cubículos	1.25
Largo cubículos	1.95
M2	2.4
Nº cornadizas	91
Arrobaderas	Sí

Intervalo entre partos	453.2
Días abiertos	172
Intervalo entre parto- 1ª inseminación	84
Inseminaciones/concepción	2.63
Fertilidad	33
% Detección de celos	41
Días en leche	206
Media de litros	38.9

% Vacas delgadas	23.07
Cm/bebedero/vaca	7.5
Limpieza de bebedero	0
Funcionalidad de bebedero	0
Suciedad parte inferior patas traseras (%)	25
Suciedad cuarto superior patas traseras (%)	5.76
Suciedad de ubre (%)	3.84
Tiempo necesario para tumbarse (seg)	4.29
% Colisiones	0
%Animales tumbados parcial o totalmente fuera del área de descanso	0
% Vacas sin alteraciones en la piel	88.47
% Vacas con alteración en la piel	11.53
% Vacas con lesiones en la piel	0
% Vacas con cojera severa	4.47
% Vacas secreción nasal	34.6
Tos	0
Respiración dificultada	0
% Vacas con secreción ocular	5.76
% Vacas con diarrea	1,49
% Vacas con secreción vulvar	0
Disponibilidad de área de descanso sin techar	No
Acceso a pasto	0
Método usado para descornado	Térmico
Edad de descornado	3.5 meses
%Vacas adultas con cuernos	0
% Vacas adultas con cola cortada	0



**GANADERÍA 5**



Nº vacas productivas	70
Nº cubículos	86
Ancho cubículos	1.2
Largo cubículos	1.8
M2	2.1
Nº cornadizas	86
Arrobaderas	Sí

Intervalo entre partos	514.8
Días abiertos	231
Intervalo entre parto- 1ª inseminación	97
Inseminaciones/concepción	4.22
Fertilidad	23
% Detección de celos	67
Días en leche	205
Media de litros	35

% Vacas delgadas	29.26
Cm/bebedero/vaca	8.5
Limpieza de bebedero	0
Funcionalidad de bebedero	0
Suciedad parte inferior patas traseras (%)	19.51
Suciedad cuarto superior patas traseras (%)	0
Suciedad de ubre (%)	0
Tiempo necesario para tumbarse (seg)	4.17
% Colisiones	0
%Animales tumbados parcial o totalmente fuera del área de descanso	0
% Vacas sin alteraciones en la piel	90.24
% Vacas con alteración en la piel	9.75
% Vacas con lesiones en la piel	0
% Vacas con cojera severa	7.31
% Vacas secreción nasal	24.39
Tos	0
Respiración dificultada	0
% Vacas con secreción ocular	7.31
% Vacas con diarrea	0
% Vacas con secreción vulvar	2.43
Disponibilidad de área de descanso sin techar	No
Acceso a pasto	0
Método usado para descornado	Térmico
Edad de descornado	2 meses
%Vacas adultas con cuernos	0
% Vacas adultas con cola cortada	0



**GANADERÍA 6**



Nº vacas productivas	107
Nº cubículos	110
Ancho cubículos	1.2
Largo cubículos	1.9
M2	2.28
Nº cornadizas	91
Arrobaderas	Sí

Intervalo entre partos	468.9
Días abiertos	193.9
Intervalo entre parto- 1ªinseminación	76.43
Inseminaciones/concepción	3.54
Fertilidad	28.21
% Detección de celos	52.4
Días en leche	189
Media de litros	36

% Vacas delgadas	13.46
Cm/bebedero/vaca	7.47
Limpieza de bebedero	0
Funcionalidad de bebedero	0
Suciedad parte inferior patas traseras (%)	34.61
Suciedad cuarto superior patas traseras (%)	15.38
Suciedad de ubre (%)	5.76
Tiempo necesario para tumbarse (seg)	4.73
% Colisiones	12.5
%Animales tumbados parcial o totalmente fuera del área de descanso	0
% Vacas sin alteraciones en la piel	82.76
% Vacas con alteración en la piel	13.4
% Vacas con lesiones en la piel	3.84
% Vacas con cojera severa	0
% Vacas secreción nasal	50
Tos	0.75
Respiración dificultada	1.92
% Vacas con secreción ocular	0
% Vacas con diarrea	9.61
% Vacas con secreción vulvar	0
Disponibilidad de área de descanso sin techar	No
Acceso a pasto	0
Método usado para descornado	Térmico
Edad de descornado	1 mes
%Vacas adultas con cuernos	0
% Vacas adultas con cola cortada	0





**GANADERÍA 7**



Nº vacas productivas	65
M2 de techado	300
M2 techado / vaca	4,6
Nº cornadizas	80
Arrobaderas	No

Intervalo entre partos	456
Días abiertos	176
Intervalo entre parto- 1ª inseminación	70
Inseminaciones/concepción	3,03
Fertilidad	33
% Detección de celos	39
Días en leche	206
Media de litros	30

% Vacas delgadas	15.38
Cm/bebedero/vaca	8.4
Limpieza de bebedero	2
Funcionalidad de bebedero	0
Suciedad parte inferior patas traseras (%)	100
Suciedad cuarto superior patas traseras (%)	100
Suciedad de ubre (%)	100
Tiempo necesario para tumbarse (seg)	4.57
% Colisiones	0
%Animales tumbados parcial o totalmente fuera del área de descanso	1.53
% Vacas sin alteraciones en la piel	73
% Vacas con alteración en la piel	18.9
% Vacas con lesiones en la piel	8.1
% Vacas con cojera severa	10.25
% Vacas secreción nasal	29.72
Tos	0.62
Respiración dificultada	5.4
% Vacas con secreción ocular	5.4
% Vacas con diarrea	2.7
% Vacas con secreción vulvar	0
Disponibilidad de área de descanso sin techar	Sí
Acceso a pasto	0
Método usado para descornado	Químico
Edad de descornado	2.5 meses
%Vacas adultas con cuernos	7.69
% Vacas adultas con cola cortada	0



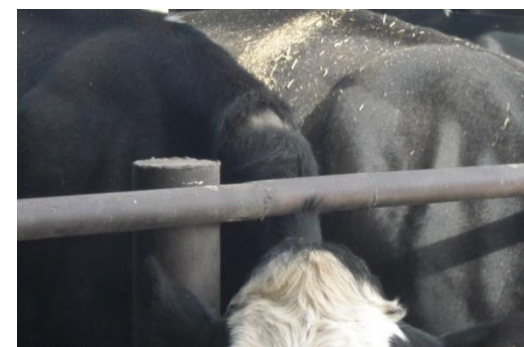
**GANADERÍA 8**



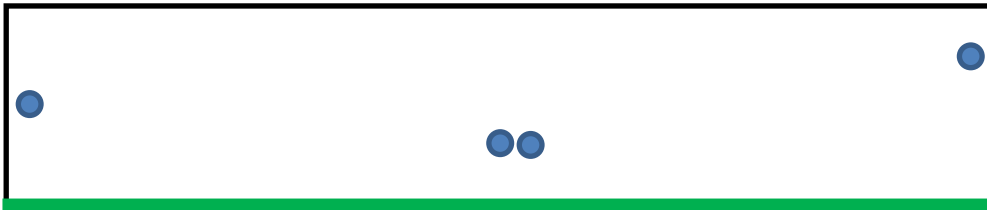
Nº vacas productivas	75
Nº cubículos	114
Ancho cubículos	1.2
Largo cubículos	1.9
M2	2.28
Nº cornadizas	50m
Arrobaderas	No

Intervalo entre partos	446
Días abiertos	166
Intervalo entre parto- 1ª inseminación	72
Inseminaciones/concepción	2.8
Fertilidad	35
% Detección de celos	54
Días en leche	209
Media de litros	34

% Vacas delgadas	4.54
Cm/bebedero/vaca	4
Limpieza de bebedero	0
Funcionalidad de bebedero	0
Suciedad parte inferior patas traseras (%)	59.09
Suciedad cuarto superior patas traseras (%)	47.72
Suciedad de ubre (%)	40.9
Tiempo necesario para tumbarse (seg)	4.57
% Colisiones	0
%Animales tumbados parcial o totalmente fuera del área de descanso	13.8
% Vacas sin alteraciones en la piel	47.72
% Vacas con alteración en la piel	34.09
% Vacas con lesiones en la piel	18.18
% Vacas con cojera severa	9.09
% Vacas secreción nasal	38.63
Tos	0
Respiración dificultada	2.27
% Vacas con secreción ocular	15.9
% Vacas con diarrea	0
% Vacas con secreción vulvar	4.54
Disponibilidad de área de descanso sin techar	Sí
Acceso a pasto	0
Método usado para descornado	Térmico
Edad de descornado	2 meses
%Vacas adultas con cuernos	0
% Vacas adultas con cola cortada	1.33



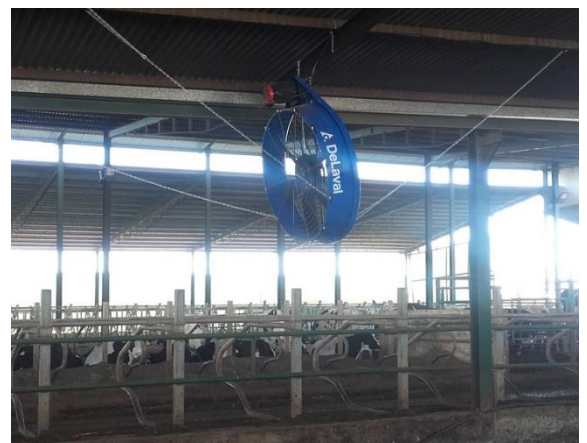
**GANADERÍA 9**



Nº vacas productivas	88
Nº cubículos	128
Ancho cubículos	1.15
Largo cubículos	1.7
M2	1.95
Nº cornadizas	91
Arrobaderas	Sí

Intervalo entre partos	409
Días abiertos	129
Intervalo entre parto- 1ª inseminación	70
Inseminaciones/concepción	2.3
Fertilidad	42
% Detección de celos	48
Días en leche	179
Media de litros	37

% Vacas delgadas	14.8
Cm/bebedero/vaca	11.36
Limpieza de bebedero	0
Funcionalidad de bebedero	0
Suciedad parte inferior patas traseras (%)	38.29
Suciedad cuarto superior patas traseras (%)	19.14
Suciedad de ubre (%)	12.76
Tiempo necesario para tumbarse (seg)	5.5
% Colisiones	33.33
%Animales tumbados parcial o totalmente fuera del área de descanso	0
% Vacas sin alteraciones en la piel	74.47
% Vacas con alteración en la piel	21.27
% Vacas con lesiones en la piel	4.25
% Vacas con cojera severa	6.38
% Vacas secreción nasal	12.7
Tos	0
Respiración dificultada	0
% Vacas con secreción ocular	2.12
% Vacas con diarrea	0
% Vacas con secreción vulvar	4.25
Disponibilidad de área de descanso sin techar	No
Acceso a pasto	0
Método usado para descornado	Térmico
Edad de descornado	1 mes
%Vacas adultas con cuernos	3.4
% Vacas adultas con cola cortada	4.54



**GANADERÍA 10**



Nº vacas productivas	85
Nº cubículos	70
Ancho cubículos	1.25
Largo cubículos	2
M2	2.5
Nº cornadizas	59
Arrobaderas	No

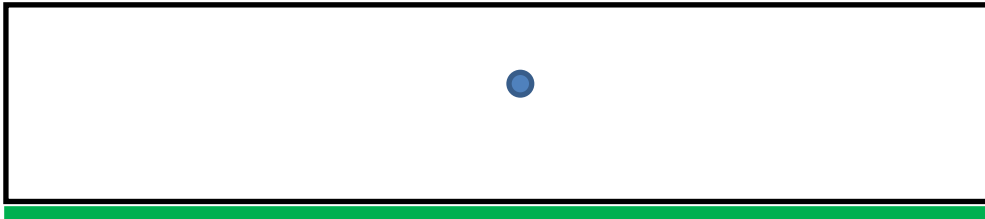
Intervalo entre partos	484.7
Días abiertos	209.7
Intervalo entre parto- 1ª inseminación	82.07
Inseminaciones/concepción	4.17
Fertilidad	27.78
% Detección de celos	61.58
Días en leche	187
Media de litros	36.6

% Vacas delgadas	14.8
Cm/bebedero/vaca	6.47
Limpieza de bebedero	1
Funcionalidad de bebedero	0
Suciedad parte inferior patas traseras (%)	89.3
Suciedad cuarto superior patas traseras (%)	25.5
Suciedad de ubre (%)	17.02
Tiempo necesario para tumbarse (seg)	4.35
% Colisiones	0
%Animales tumbados parcial o totalmente fuera del área de descanso	0
% Vacas sin alteraciones en la piel	87.23
% Vacas con alteración en la piel	4.25
% Vacas con lesiones en la piel	8.51
% Vacas con cojera severa	2,2
% Vacas secreción nasal	34.04
Tos	0.25
Respiración dificultada	2.12
% Vacas con secreción ocular	10.63
% Vacas con diarrea	6.38
% Vacas con secreción vulvar	2.12
Disponibilidad de área de descanso sin techar	No
Acceso a pasto	0
Método usado para descornado	Químico
Edad de descornado	2 meses
%Vacas adultas con cuernos	3.40
% Vacas adultas con cola cortada	1.13





**GANADERÍA 11**



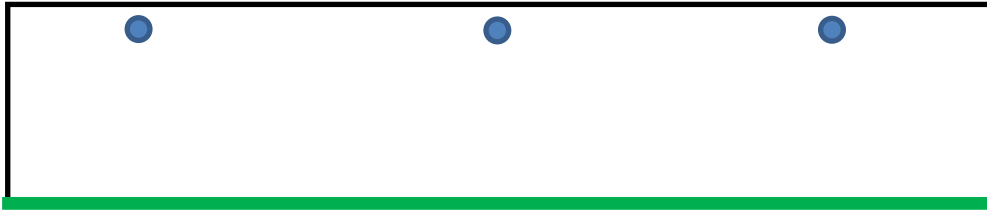
Nº vacas productivas	50
M2 de techado	600
M2 techado / vaca	12
Nº cornadizas	36
Arrobaderas	No

Intervalo entre partos	443.7
Días abiertos	165.7
Intervalo entre parto- 1ª inseminación	83.83
Inseminaciones/concepción	3.48
Fertilidad	34.86
% Detección de celos	57.96
Días en leche	187
Media de litros	36.99

% Vacas delgadas	13.3
Cm/bebedero/vaca	6.4
Limpieza de bebedero	0
Funcionalidad de bebedero	0
Suciedad parte inferior patas traseras (%)	23.4
Suciedad cuarto superior patas traseras (%)	46.7
Suciedad de ubre (%)	10
Tiempo necesario para tumbarse (seg)	4.57
% Colisiones	0
%Animales tumbados parcial o totalmente fuera del área de descanso	5
% Vacas sin alteraciones en la piel	33.4
% Vacas con alteración en la piel	40
% Vacas con lesiones en la piel	26.6
% Vacas con cojera severa	0
% Vacas secreción nasal	20
Tos	0
Respiración dificultada	0
% Vacas con secreción ocular	16.6
% Vacas con diarrea	3.3
% Vacas con secreción vulvar	0
Disponibilidad de área de descanso sin techar	Si
Acceso a pasto	0
Método usado para descornado	Químico
Edad de descornado	2 meses
%Vacas adultas con cuernos	6
% Vacas adultas con cola cortada	0



**GANADERÍA 12**



Nº vacas productivas	59
Nº cubículos	88
Ancho cubículos	1.2
Largo cubículos	1.8
M2	2.16
Nº cornadizas	80
Arrobaderas	Sí

Intervalo entre partos	504.3
Días abiertos	229.3
Intervalo entre parto- 1ª inseminación	77.25
Inseminaciones/concepción	4.1
Fertilidad	24.54
% Detección de celos	48.16
Días en leche	245
Media de litros	29.27

% Vacas delgadas	24.32
Cm/bebedero/vaca	6.7
Limpieza de bebedero	0
Funcionalidad de bebedero	1
Suciedad parte inferior patas traseras (%)	48.64
Suciedad cuarto superior patas traseras (%)	24.32
Suciedad de ubre (%)	2.7
Tiempo necesario para tumbarse (seg)	4.91
% Colisiones	25
%Animales tumbados parcial o totalmente fuera del área de descanso	0
% Vacas sin alteraciones en la piel	89.19
% Vacas con alteración en la piel	5.4
% Vacas con lesiones en la piel	5.4
% Vacas con cojera severa	8.1
% Vacas secreción nasal	48.64
Tos	0
Respiración dificultada	0
% Vacas con secreción ocular	16.2
% Vacas con diarrea	0
% Vacas con secreción vulvar	0
Disponibilidad de área de descanso sin techar	No
Acceso a pasto	0
Método usado para descornado	Químico
Edad de descornado	2.5 meses
%Vacas adultas con cuernos	5.08
% Vacas adultas con cola cortada	0



**GANADERÍA 13**



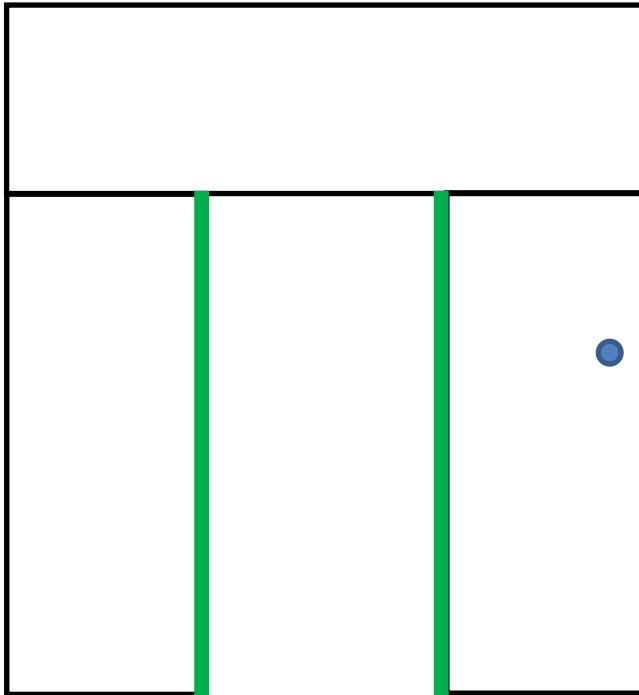
Nº vacas productivas	48
M2 de techado	550
M2 techado / vaca	11.5
Nº cornadizas	72
Arrobaderas	No

Intervalo entre partos	408.1
Días abiertos	133.1
Intervalo entre parto- 1ª inseminación	73.06
Inseminaciones/concepción	3
Fertilidad	28.73
% Detección de celos	67.48
Días en leche	231
Media de litros	35.99

% Vacas delgadas	15.15
Cm/bebedero/vaca	4.16
Limpieza de bebedero	0
Funcionalidad de bebedero	0
Suciedad parte inferior patas traseras (%)	81.84
Suciedad cuarto superior patas traseras (%)	60.6
Suciedad de ubre (%)	45.45
Tiempo necesario para tumbarse (seg)	4.19
% Colisiones	0
%Animales tumbados parcial o totalmente fuera del área de descanso	0
% Vacas sin alteraciones en la piel	90.91
% Vacas con alteración en la piel	9.09
% Vacas con lesiones en la piel	0
% Vacas con cojera severa	6.06
% Vacas secreción nasal	39.39
Tos	0
Respiración dificultada	0
% Vacas con secreción ocular	12.12
% Vacas con diarrea	18.18
% Vacas con secreción vulvar	0
Disponibilidad de área de descanso sin techar	Si
Acceso a pasto	0
Método usado para descornado	Térmico
Edad de descornado	2 meses
%Vacas adultas con cuernos	0
% Vacas adultas con cola cortada	0



**GANADERÍA 14**



Nº vacas productivas	33
M2 de techado	600
M2 techado / vaca	18.2
Nº cornadizas	54m
Arrobaderas	No

Intervalo entre partos	423.4
Días abiertos	148.4
Intervalo entre parto- 1ª inseminación	74.72
Inseminaciones/concepción	3.09
Fertilidad	35.23
% Detección de celos	56.68
Días en leche	218
Media de litros	36

% Vacas delgadas	6.66
Cm/bebedero/vaca	3.48
Limpieza de bebedero	1
Funcionalidad de bebedero	0
Suciedad parte inferior patas traseras (%)	33.33
Suciedad cuarto superior patas traseras (%)	23.3
Suciedad de ubre (%)	6.66
Tiempo necesario para tumbarse (seg)	4.67
% Colisiones	0
%Animales tumbados parcial o totalmente fuera del área de descanso	0
% Vacas sin alteraciones en la piel	100
% Vacas con alteración en la piel	0
% Vacas con lesiones en la piel	0
% Vacas con cojera severa	0
% Vacas secreción nasal	16.6
Tos	0
Respiración dificultada	0
% Vacas con secreción ocular	6.66
% Vacas con diarrea	0
% Vacas con secreción vulvar	0
Disponibilidad de área de descanso sin techar	Si
Acceso a pasto	0
Método usado para descornado	Térmico
Edad de descornado	2 meses
%Vacas adultas con cuernos	0
% Vacas adultas con cola cortada	0





**GANADERÍA 15**



Nº vacas productivas	61
M2 de techado	800
M2 techado / vaca	13.1
Nº cornadizas	62
Arrobaderas	No

Intervalo entre partos	490.15
Días abiertos	210.15
Intervalo entre parto- 1ª inseminación	72.18
Inseminaciones/concepción	3.51
Fertilidad	28.4
% Detección de celos	65
Días en leche	274.68
Media de litros	36

% Vacas delgadas	10.81
Cm/bebedero/vaca	2.98
Limpieza de bebedero	1
Funcionalidad de bebedero	0
Suciedad parte inferior patas traseras (%)	16.21
Suciedad cuarto superior patas traseras (%)	13.51
Suciedad de ubre (%)	13.51
Tiempo necesario para tumbarse (seg)	4.21
% Colisiones	0
%Animales tumbados parcial o totalmente fuera del área de descanso	0
% Vacas sin alteraciones en la piel	94.59
% Vacas con alteración en la piel	5.4
% Vacas con lesiones en la piel	0
% Vacas con cojera severa	0
% Vacas secreción nasal	45.94
Tos	0
Respiración dificultada	2.70
% Vacas con secreción ocular	0
% Vacas con diarrea	0
% Vacas con secreción vulvar	0
Disponibilidad de área de descanso sin techar	Si
Acceso a pasto	0
Método usado para descornado	Químico
Edad de descornado	2 meses
%Vacas adultas con cuernos	0
% Vacas adultas con cola cortada	3.27



## GANADERÍA 16



Nº vacas productivas	70
M2 de techado	900
M2 techado / vaca	12.9
Nº cornadizas	114
Arrobaderas	No

Intervalo entre partos	437.3
Días abiertos	159.3
Intervalo entre parto- 1ª inseminación	91.8
Inseminaciones/concepción	1.63
Fertilidad	52.38
% Detección de celos	21.53
Días en leche	181
Media de litros	31

% Vacas delgadas	10.58
Cm/bebedero/vaca	8.57
Limpieza de bebedero	1
Funcionalidad de bebedero	0
Suciedad parte inferior patas traseras (%)	95.12
Suciedad cuarto superior patas traseras (%)	75.6
Suciedad de ubre (%)	24.39
Tiempo necesario para tumbarse (seg)	4.07
% Colisiones	0
%Animales tumbados parcial o totalmente fuera del área de descanso	0
% Vacas sin alteraciones en la piel	75.6
% Vacas con alteración en la piel	19.5
% Vacas con lesiones en la piel	4.87
% Vacas con cojera severa	4.87
% Vacas secreción nasal	36.58
Tos	0.87
Respiración dificultada	7.31
% Vacas con secreción ocular	0
% Vacas con diarrea	7.3
% Vacas con secreción vulvar	2.43
Disponibilidad de área de descanso sin techar	Si
Acceso a pasto	0
Método usado para descornado	Térmico
Edad de descornado	1 mes
%Vacas adultas con cuernos	0
% Vacas adultas con cola cortada	2.43



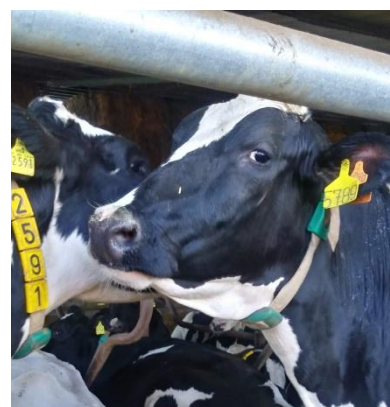
**GANADERÍA 17**



Nº vacas productivas	89
Nº cubículos	104
Ancho cubículos	1.2
Largo cubículos	1.85
M2	2.22
Nº cornadizas	60m
Arrobaderas	Sí

Intervalo entre partos	420.65
Días abiertos	140.65
Intervalo entre parto- 1ªinseminación	69
Inseminaciones/concepción	1.9
Fertilidad	52.6
% Detección de celos	59.85
Días en leche	176
Media de litros	38.2

% Vacas delgadas	8.51
Cm/bebedero/vaca	1.57
Limpieza de bebedero	0
Funcionalidad de bebedero	0
Suciedad parte inferior patas traseras (%)	34.04
Suciedad cuarto superior patas traseras (%)	21.27
Suciedad de ubre (%)	8.51
Tiempo necesario para tumbarse (seg)	3.55
% Colisiones	0
%Animales tumbados parcial o totalmente fuera del área de descanso	0
% Vacas sin alteraciones en la piel	87.24
% Vacas con alteración en la piel	10.63
% Vacas con lesiones en la piel	2.12
% Vacas con cojera severa	4.25
% Vacas secreción nasal	34.04
Tos	0
Respiración dificultada	0
% Vacas con secreción ocular	6.38
% Vacas con diarrea	12.76
% Vacas con secreción vulvar	0
Disponibilidad de área de descanso sin techar	Sí
Acceso a pasto	0
Método usado para descornado	Térmico
Edad de descornado	2 meses
%Vacas adultas con cuernos	3.37
% Vacas adultas con cola cortada	1.14



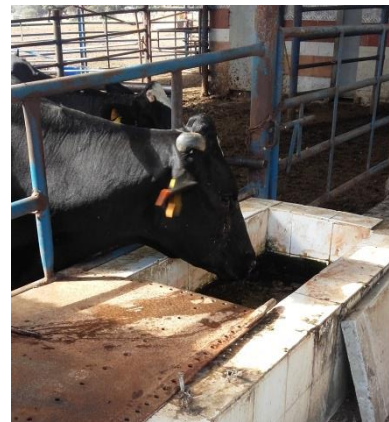
## GANADERÍA 18



Nº vacas productivas	34
M2 de techado	180
M2 techado / vaca	5.3
Nº cornadizas	42
Arrobaderas	No

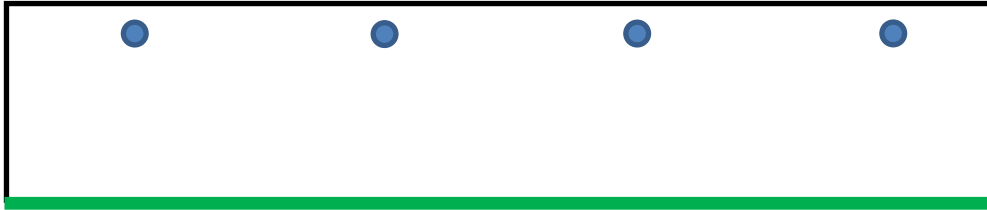
Intervalo entre partos	465.1
Días abiertos	190.1
Intervalo entre parto- 1ª inseminación	73.31
Inseminaciones/concepción	3.55
Fertilidad	31.91
% Detección de celos	47.76
Días en leche	252
Media de litros	35.71

% Vacas delgadas	10
Cm/bebedero/vaca	4.41
Limpieza de bebedero	1
Funcionalidad de bebedero	1
Suciedad parte inferior patas traseras (%)	73.3
Suciedad cuarto superior patas traseras (%)	76.6
Suciedad de ubre (%)	30
Tiempo necesario para tumbarse (seg)	4.35
% Colisiones	0
%Animales tumbados parcial o totalmente fuera del área de descanso	0
% Vacas sin alteraciones en la piel	100
% Vacas con alteración en la piel	0
% Vacas con lesiones en la piel	0
% Vacas con cojera severa	2.94
% Vacas secreción nasal	23.3
Tos	0
Respiración dificultada	0
% Vacas con secreción ocular	6.66
% Vacas con diarrea	5.88
% Vacas con secreción vulvar	0
Disponibilidad de área de descanso sin techar	Si
Acceso a pasto	0
Método usado para descornado	Químico
Edad de descornado	2 meses
%Vacas adultas con cuernos	11.76
% Vacas adultas con cola cortada	0





**GANADERÍA 19**



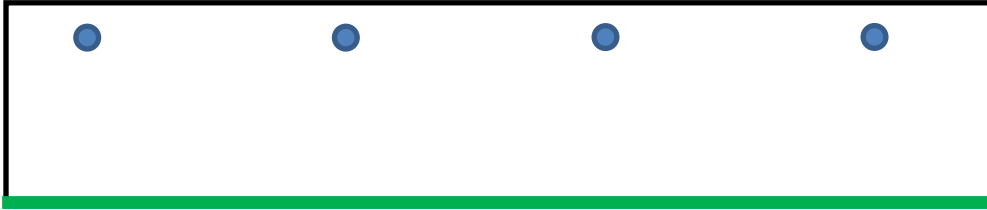
Nº vacas productivas	110
Nº cubículos	104
Ancho cubículos	1.15
Largo cubículos	1.8
M2	2.07
Nº cornadizas	98
Arrobaderas	Sí

Intervalo entre partos	505
Días abiertos	208
Intervalo entre parto- 1ª inseminación	102
Inseminaciones/concepción	3
Fertilidad	33
% Detección de celos	37
Días en leche	232
Mediad de litros	36

% Vacas delgadas	32.72
Cm/bebedero/vaca	5.45
Limpieza de bebedero	0
Funcionalidad de bebedero	0
Suciedad parte inferior patas traseras (%)	20
Suciedad cuarto superior patas traseras (%)	1.81
Suciedad de ubre (%)	10.9
Tiempo necesario para tumbarse (seg)	6.25
% Colisiones	0
%Animales tumbados parcial o totalmente fuera del área de descanso	0
% Vacas sin alteraciones en la piel	100
% Vacas con alteración en la piel	0
% Vacas con lesiones en la piel	0
% Vacas con cojera severa	3.63
% Vacas secreción nasal	16.36
Tos	0
Respiración dificultada	5.45
% Vacas con secreción ocular	29.09
% Vacas con diarrea	3.63
% Vacas con secreción vulvar	0
Disponibilidad de área de descanso sin techar	No
Acceso a pasto	0
Método usado para descornado	Térmico
Edad de descornado	2 meses
%Vacas adultas con cuernos	0
% Vacas adultas con cola cortada	0



**GANADERÍA 20**



Nº vacas productivas	106
Nº cubículos	104
Ancho cubículos	1.2
Largo cubículos	1.8
M2	2.16
Nº cornadizas	98
Arrobaderas	Sí

Intervalo entre partos	535
Días abiertos	235
Intervalo entre parto- 1ª inseminación	107
Inseminaciones/concepción	5.4
Fertilidad	18.5
% Detección de celos	39
Días en leche	223
Media de litros	35

% Vacas delgadas	10
Cm/bebedero/vaca	5.66
Limpieza de bebedero	0
Funcionalidad de bebedero	0
Suciedad parte inferior patas traseras (%)	11.5
Suciedad cuarto superior patas traseras (%)	3.5
Suciedad de ubre (%)	2.5
Tiempo necesario para tumbarse (seg)	6.35
% Colisiones	50
%Animales tumbados parcial o totalmente fuera del área de descanso	0
% Vacas sin alteraciones en la piel	100
% Vacas con alteración en la piel	0
% Vacas con lesiones en la piel	0
% Vacas con cojera severa	6
% Vacas secreción nasal	14
Tos	1.25
Respiración dificultada	0
% Vacas con secreción ocular	14
% Vacas con diarrea	2.8
% Vacas con secreción vulvar	0
Disponibilidad de área de descanso sin techar	No
Acceso a pasto	0
Método usado para descornado	Térmico
Edad de descornado	2 meses
%Vacas adultas con cuernos	0
% Vacas adultas con cola cortada	0



**GANADERÍA 21**



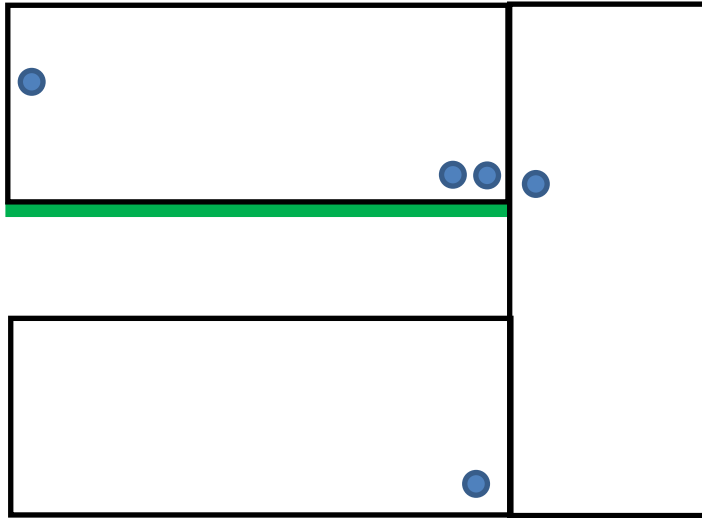
Nº vacas productivas	61
M2 de techado	1050
M2 techado / vaca	17.2
Nº cornadizas	63
Arrobaderas	No

Intervalo entre partos	475.3
Días abiertos	180.2
Intervalo entre parto- 1ª inseminación	83.9
Inseminaciones/concepción	3.6
Fertilidad	34.3
% Detección de celos	37.7
Días en leche	259.8
Media de litros	31.3

% Vacas delgadas	9.2
Cm/bebedero/vaca	8.6
Limpieza de bebedero	0
Funcionalidad de bebedero	0
Suciedad parte inferior patas traseras (%)	20
Suciedad cuarto superior patas traseras (%)	13
Suciedad de ubre (%)	13
Tiempo necesario para tumbarse (seg)	4.54
% Colisiones	0
%Animales tumbados parcial o totalmente fuera del área de descanso	0
% Vacas sin alteraciones en la piel	91.1
% Vacas con alteración en la piel	8.9
% Vacas con lesiones en la piel	0
% Vacas con cojera severa	7
% Vacas secreción nasal	15.4
Tos	0
Respiración dificultada	0
% Vacas con secreción ocular	4.1
% Vacas con diarrea	5.2
% Vacas con secreción vulvar	0
Disponibilidad de área de descanso sin techar	Sí
Acceso a pasto	0
Método usado para descornado	Químico
Edad de descornado	10 d
%Vacas adultas con cuernos	6.55
% Vacas adultas con cola cortada	0



**GANADERÍA 22**



Nº vacas productivas	108
M2 de techado	950
M2 techado / vaca	8.79
Nº cornadizas	80m
Arrobaderas	No

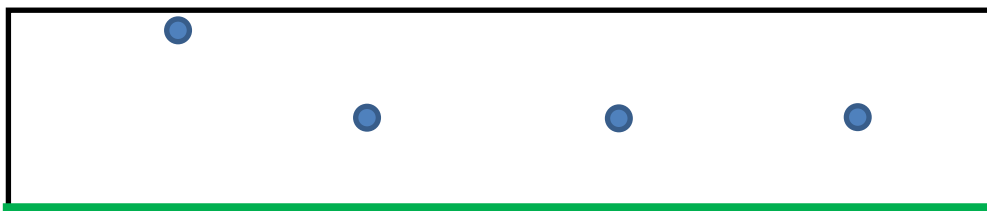
Intervalo entre partos	425.3
Días abiertos	150.3
Intervalo entre parto- 1ª inseminación	73.4
Inseminaciones/concepción	2.9
Fertilidad	35.6
% Detección de celos	55.4
Días en leche	217.5
Media de litros	37.3

% Vacas delgadas	3
Cm/bebedero/vaca	7.73
Limpieza de bebedero	2
Funcionalidad de bebedero	0
Suciedad parte inferior patas traseras (%)	45
Suciedad cuarto superior patas traseras (%)	21
Suciedad de ubre (%)	17
Tiempo necesario para tumbarse (seg)	4.31
% Colisiones	0
%Animales tumbados parcial o totalmente fuera del área de descanso	0
% Vacas sin alteraciones en la piel	90
% Vacas con alteración en la piel	10
% Vacas con lesiones en la piel	0
% Vacas con cojera severa	2.9
% Vacas secreción nasal	3
Tos	0.67
Respiración dificultada	0
% Vacas con secreción ocular	0
% Vacas con diarrea	0
% Vacas con secreción vulvar	0
Disponibilidad de área de descanso sin techar	No
Acceso a pasto	0
Método usado para descornado	Químico
Edad de descornado	3 meses
%Vacas adultas con cuernos	3.7
% Vacas adultas con cola cortada	0.92





**GANADERÍA 23**



Nº vacas productivas	79
M2 de techado	2200
M2 techado / vaca	27.8
Nº cornadizas	63
Arrobaderas	No

Intervalo entre partos	438.3
Días abiertos	175.8
Intervalo entre parto- 1ª inseminación	73.6
Inseminaciones/concepción	2.7
Fertilidad	34.9
% Detección de celos	59.2
Días en leche	186.9
Media de litros	34.9

% Vacas delgadas	5
Cm/bebedero/vaca	7.34
Limpieza de bebedero	0
Funcionalidad de bebedero	0
Suciedad parte inferior patas traseras (%)	42
Suciedad cuarto superior patas traseras (%)	16
Suciedad de ubre (%)	11
Tiempo necesario para tumbarse (seg)	4.8
% Colisiones	0
%Animales tumbados parcial o totalmente fuera del área de descanso	0
% Vacas sin alteraciones en la piel	90.2
% Vacas con alteración en la piel	9.8
% Vacas con lesiones en la piel	0
% Vacas con cojera severa	5.4
% Vacas secreción nasal	9.8
Tos	0.01
Respiración dificultada	0
% Vacas con secreción ocular	5.8
% Vacas con diarrea	0
% Vacas con secreción vulvar	0
Disponibilidad de área de descanso sin techar	Sí
Acceso a pasto	0
Método usado para descornado	Térmico
Edad de descornado	30 d
%Vacas adultas con cuernos	3.79
% Vacas adultas con cola cortada	2.53





**PUBLICACIONES**



# Assessment of on-farm welfare for dairy cattle in southern Spain and its effects on reproductive parameters

## Research Article

**Cite this article:** Molina L, Agüera E, Maroto-Molina F and Pérez-Marín CC. Assessment of on-farm welfare for dairy cattle in southern Spain and its effects on reproductive parameters. *Journal of Dairy Research* <https://doi.org/10.1017/S0022029919000207>

Received: 20 December 2018

Revised: 2 January 2019

Accepted: 7 January 2019

### Keywords:

Cattle; monitoring; profitability; wellbeing

### Author for correspondence:

Carlos Carmelo Pérez-Marín,  
Email: [pv2pemac@uco.es](mailto:pv2pemac@uco.es)

Laura Molina<sup>1</sup>, Estrella Agüera<sup>2</sup>, Francisco Maroto-Molina<sup>3</sup> and Carlos Carmelo Pérez-Marín<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Animal Medicine and Surgery, Faculty of Veterinary Medicine, University of Cordoba, 14014 Cordoba, Spain; <sup>2</sup>Department of Cellular Biology, Physiology and Immunology, University of Cordoba, 14014 Cordoba, Spain and <sup>3</sup>Department of Animal Production, Faculty of Agricultural and Forestry Engineering, University of Cordoba, 14014 Cordoba, Spain

### Abstract

In this Research Communication we analyse the animal welfare status of dairy farms located in southern Spain and test the hypothesis that monitoring of wellbeing could increase the profitability of dairy herds by improving indices of reproduction. Twenty dairy farms were visited and a total of 1650 cows were assessed using the Welfare Quality® (WQ) protocol to determine their welfare status. These farms were selected as representatives of the main types of dairy farms found in the south of Spain. No farms attained a welfare status of 'excellent', but all obtained an adequate score for most parameters. Feeding assessment showed relatively low variability among farms, whereas housing and health assessments exhibited high variability. Significant correlations were found between a number of welfare parameter pairings: between percentage of collisions and time needed to lie down; between cleanliness of water points and cleanliness of various animal parts; between farms with access to an outdoor loafing area and an inadequate body condition score and with animal cleanliness; between the frequency of animals lying partly or completely outside of the lying area and the percentage of integument alterations and finally between the presence of respiratory problems and farm hygiene parameters. Furthermore, significant correlations between welfare parameters, reproductive indices and milk production were found. The percentage of cows exhibiting an inadequate body condition score and farms where cows took longer to lie down were correlated with the calving-first insemination interval. Animals showing a higher incidence of coughing and hampered respiration presented lower heat detection rates and milk production and finally farms with dirtier animals had lower milk production. This study is the first step towards including welfare in the recording of routine data in dairy cattle farms in southern Spain.

The welfare of farm animals has become a matter of widespread concern for modern societies. Consumers demand high-quality food, something that is understood to be connected to, among other factors, animal welfare throughout the productive cycle (Blokhuis, 2008). To enable animal welfare on farms to be measured, various protocols based on animals and resources have been put forward. Current approaches to the assessment of animal wellbeing focus on the individual, but when anomalies are detected at this level, the resources that may be affecting the maintenance of the animal–environment balance also need to be analysed. Welfare Quality® Assessment is the most frequently used animal-based protocol (Welfare Quality®, 2009).

Reproductive performance has not been considered as a criterion for assessing animal welfare. Reproduction may be regarded as a 'luxury' function in the sense that animals subjected to basic welfare alterations will not discharge this function properly and will not conceive at the optimum time, reducing herd profitability. It is, therefore, very important to take care of the environment in which animals are reared and to ensure that the settings in which they are required to live provide them with the comfort they need. This accounts for the interest in studying the reproductive performance of dairy farms and its relationship with animal wellbeing.

Against the backdrop of the mounting interest and concern among members of the public and professionals in animal wellbeing, as well as the absence of welfare assessment on dairy cattle farms in southern Spain, the present study hypothesises that welfare monitoring could increase the profitability of dairy herds, and welfare status might impact on the reproductive performance of dairy cattle. The aim of this study was thus to evaluate the welfare status present on dairy farms and to analyse the relationship between wellbeing and productive parameters.

## Material and methods

### Animals and management

A total of 20 Holstein dairy farms, with high genetic merit, were selected as representative of this sector in southern Spain. The total number of animals covered by the study was 1650 (ranging from 33 to 189 cows per farm), and the welfare index and reproductive performance of each farm were assessed. On all farms the cows were milked twice a day and fed a total mixed ration in an intensive production system. Dairy cattle farming in this region exhibits some singularities linked to the climate, such as the relative absence of grazing. This area has two marked seasons: a cold, moderately rainy winter and a dry, hot summer. Rainfall is irregularly distributed throughout the year, with maximum rainfall in the autumn–winter period and minimum rainfall in summer, exceeding the annual average of 500 mm in the wider region, but with very marked local differences.

### Welfare assessment and other data collection

The Welfare Quality® (WQ) protocol was used to assess animal wellbeing (<http://www.welfarequalitynetwork.net>). Accordingly, feeding, housing and health aspects were analysed, because it is generally accepted that this is feasible for on-farm welfare assessment (Winckler, 2006). The within-herd sample size of animals was calculated according to the WQ protocol recommendations and all measurements were recorded in accordance with the WQ scoring system (online Supplementary Table S1). The farms were designated as either ‘not classified’ (when welfare was determined to be low), ‘acceptable’ (when welfare met the minimal requirements), ‘enhanced’ (when welfare was good) or ‘excellent’ (when welfare reached the highest level). Only feeding, housing and health were evaluated; behaviour was not assessed due to the subjectivity of the protocol, a point made convincingly by Franchi *et al.* (2014). All observations were made by the same trained advisor.

Reproductive indices relating to reproductive performance were obtained using ReproGTV software (Girona, Spain) for each farm. Data relating to average milk yield (measured as litres produced per cow) were recorded. The sequence followed for data collection is detailed in the online Supplementary File.

### Statistical analysis

Data collected from each farm were graded according to the WQ protocol (Welfare Quality®, 2009). The SPSS 18.3 package (SPSS, Chicago, IL, USA) was used for statistical analysis. Descriptive statistics (mean, standard deviation and variation coefficient) were estimated for the different measurements collected on the farms. For qualitative measures, the percentage of farms belonging to each class was calculated. In addition, the Pearson correlation coefficient was used to determine whether any correlation existed between these measurements and between welfare scores and reproductive data. The significance level was set at  $P \leq 0.05$ .

## Results

The farms included in the present study had an average herd of 90 lactating cows. Forty-five per cent of the farms achieved an ‘excellent’ rating in the housing assessment, while the remainder obtained an ‘enhanced’ score. As far as the feeding and health parameters are concerned, although the overall results were

good, the percentage of farms scoring ‘acceptable’ and ‘not classified’ were higher, as shown in Supplementary Figure S1.

Table 1 shows the variability observed in the welfare parameters evaluated on 20 farms. In terms of feeding, low variability between farms was observed for body condition score (BCS) and water provision (WP) (48 and 38%, respectively). The most homogeneous feeding measurement among farms was functioning of water points (FWP), which was satisfactory in 90% of them. The analysis of housing values showed a high variability between farms for Frequency of animals lying partly or completely outside (FALPC) (261.0%), which was attributed to the influence of one farm showing a particularly high value (around 13.8%). High variability was also observed for collisions (%C) and dirtiness of udder (DU) (161.0 and 129.0%, respectively). No differences between farms were observed for access to pasture (AP), number of hours with access to outdoor loafing area per day (OLA/d) and per year (OLA/y) and presence of tethering (PT). Farms in this region of Spain had no presence of tethering or access to pasture, but some farms had outdoor loafing area (OLA) with permanent access.

In the health section, several parameters as percentage of lameness (LAM), animals with integument alteration (INT), coughing (C), ocular discharge (OD), hampered respiration (HR), vulvar discharge (VD), horned cows (HC) and tail docked cows (TDC) showed high variability between farms. During the 3 months preceding the welfare assessment, no farm reported any problem associated with increased somatic cell count (SCC) (Table 1).

As shown in Table 2, positive correlations were observed between %C and time needed to lie down (TNLD), between cleanliness of water points (CWP) and dirtiness of lower leg (DLL), hindquarters (DHQ) and udder (DU), and between cleanliness of different animal parts. It was observed that farms providing access to outdoor loafing areas had a lower percentage of thin cows (measured as BCS) and cows were significantly less dirty. Furthermore, when the frequency of animals lying partly or completely outside the lying area was higher, the percentage of integument alterations increased. Respiratory problems were more frequently observed on those farms with relatively poor hygiene standards.

Table 2 shows the significant correlations between the parameters assessed by the WQ protocol, reproductive indices and milk production. The percentage of cows showing an inadequate body condition score and those farms where the cows took longer to lie down were correlated with the calving–first insemination interval. Animals showing higher incidence of coughing and hampered respiration presented a lower heat detection rate and milk production and, finally, farms with less clean animals had lower milk production.

## Discussion

The welfare assessment carried out on dairy farms located in southern Spain offered an initial snapshot of the state of their wellbeing. As is evident from the welfare reports, the farms included in this study displayed moderately good results, suggesting that good management practices are being utilised in general. The present study showed that farms have welfare-friendly housing systems where cows could express their normal and expected behaviour.

The scores for feeding, housing and health obtained on the different farms did not reveal serious deficiencies, which is

**Table 1.** Descriptive statistics (mean and variation coefficient) of the variables measured in the present study in accordance with the WQ protocol (2009)

Measure	Acronym	Mean	VC (%)
<b>Reproduction</b>			
Calving interval (days)	CI	458.8	8
Calving-Fertilizing insemination interval (days)	C-FI	178.5	20
Calving-1st insemination interval (days)	C-I	81.9	14
Inseminations by conception (no.)	IC	3.2	28
Fertility (%)	FERT	34.2	27
Heat detection rate (%)	HD	51.7	23
<b>Feeding</b>			
Body condition score (% of lean cows)	BCS	15.2	48
Water provision (cm per cow)	WP	6.0	38
Cleanliness of water points (qualitative)	CWP	70% clean 25% partly dirty 5% dirty	
Functioning of water points (qualitative)	FWP	90% working correctly 10% malfunctioning	
<b>Housing</b>			
Time needed to lie down (s)	TNLD	4.6	15
Collisions (%)	%C	9.1	161
Frequency of animals lying partly or completely outside (%)	FALPC	1.2	261
Dirtiness of lower legs (% of dirty)	DLL	44.1	65
Dirtiness of hindquarters (% of dirty)	DHQ	29.4	98
Dirtiness of udder (% of dirty)	DU	17.9	129
Presence of tethering (% of tie-stall)	PT	0.0	0
Outdoor loafing area (qualitative)	OLA	45% yes 55% no	
Number of days with access to OLA per year (if yes)	OLA/y	339.4	7
Number of hours with access to OLA per day (if yes)	OLA/d	24.0	0
Access to pasture (qualitative)	AP	100% no	
<b>Health</b>			
Percentage of lameness (%)	LAM	4.7	68
Percentage of animals with integument alteration (%)	INT	No	84.1
		Mild	11.5
		Severe	4.4
Coughing (no. per cow)	C	0.2	199
Nasal discharge (%)	ND	30.8	37
Ocular discharge (%)	OD	8.2	90
Hampered respiration (%)	HR	1.4	165
Diarrhoea (%)	D	4.3	111
Vulvar discharge (%)	VD	1.1	148
Somatic cell count (% above 400 000)	SCC	0.0	0
Horned cows (%)	HC	2.0	164
Procedure used for disbudding/dehorning (qualitative)	DEH	65% thermocautery 35% caustic paste	
Dehorning (%)	DEH/anaesth	0.0	0
		DEH/analg	0.0

(Continued)



**Table 1.** (Continued.)

Measure	Acronym	Mean	VC (%)
Tail docked cows (%)	TDC	0.7	187
Procedure used for tail docking (qualitative)	TD	100% rubber rings	
Tail docking (%)		TD/anaesth 0.0	0
		TD/analg 0.0	0

CI, calving interval; C-FI, calving-fertilizing insemination interval; C-I, calving-1st insemination interval; IC, inseminations per conception; FERT, fertility; HD, heat detection rate; BCS, body condition score; WP, water provision; CWP, cleanliness of water points; FWP, functioning of water points; TNLD, time needed to lie down; %C, collisions; FALPC, frequency of animals lying partly or completely outside; DLL, dirtiness of lower legs; DHQ, dirtiness of hindquarters; DU, dirtiness of udder; PT, presence of tethering; OLA, outdoor loafing area; OLA/y, number of days with access to OLA per year; OLA/d, number of hours with access to OLA per day; AP, access to pasture; LAM, percentage of lameness; INT, percentage of animals with integument alteration; C, coughing; ND, nasal discharge; OD, ocular discharge; HR, hampered respiration; D, diarrhoea; VD, vulvar discharge; SCC, somatic cell count; HC, horned cows; DEH, procedure used for disbudding/dehorning; TDC, tail docked cows; TD, procedure used for tail docking.

consistent with a study carried out on Danish dairy farms (Andreasen *et al.*, 2013). While housing assessment showed 'excellent' and 'enhanced' scores, with regards to the feeding and health parameters, the percentage of farms scoring 'acceptable' and 'not classified' were higher (Supplementary Figure S1), highlighting the main targets for enhancing animal welfare on farms in southern Spain. These results are consistent with those reported by DiGiacinto *et al.* (2014) in Costa Rica, where the highest score (82.8%) was obtained in the housing assessment and the lowest values in health (40.1%) and feeding (38.1%). In the present study, the relatively good results obtained in housing could be attributable to the fact that farmers have usually focused attention to improving the facilities.

The WQ protocol treats water intake as associated with the number and size of water points available for animals. Considering that cows spend 20–30 min/d drinking water, these water points must have sufficient size and flow and there must be at least two access points to avoid the dominant cow effect, which reduces the access of other cows. As a general rule, the recommended size is 10–15 cm per cow, and this is particularly important in hot climates, as in the case of southern Spain. Only one farm reached this requirement in the present study, and this might partly explain why 70% of the farms obtained only an 'acceptable' score. A shortage of water points may be implicated in a decline in productive efficiency and animal welfare (Fraser and Broom, 1997), and inadequately sized drinking troughs may increase the number of agonistic interactions, limiting the access of some animals (Albright, 1993).

The cleanliness of cows provides an indicator of the environmental circumstances in which they are living and dirty environment makes cows feel uncomfortable and reject it (Phillips and Morris, 2002). As Hauge *et al.* (2012) point out, cleanliness needs to be maintained since it has a knock-on effect on hygienic milk production, thermoregulation and health. A high positive correlation was observed between dirty appearance at different parts of the animal. This is consistent with the observations made in other studies (Popescu *et al.*, 2013) and suggests that the assessment of only one of these parameters could be sufficient to determine the degree of animal cleanliness.

The cleanliness of the cows varied according to the area of the animal assessed. When dirt is assessed in the lower legs, high percentages are reported, from 88 to 100% (des Roches *et al.*, 2014). However, when this evaluation is carried out at udder level, lower percentages (around 22%) are observed (des Roches *et al.*, 2014). Cleanliness aspects are usually linked to the overall management of farms, inasmuch as when farmers' management of housing systems is substandard, animals show deficient cleanliness. The

results obtained in the present study show that the dirtiest cows were found on those farms with the dirtiest drinkers.

A positive correlation was detected between %C and TNLD, which is intuitively plausible since any poor design of housing equipment or unsuitable maintenance of bedding would induce cows to take longer to lie down or collide with the facilities. Other factors, especially health factors such as mastitis and lameness, also have the potential to increase TNLD, because they increase the pain and discomfort experienced by animals and reduce their mobility.

On most of the farms, no animals lying badly in the rest area were detected, although on one farm 13.8% of the animals presented defects while lying down. It should be clarified that on this particular farm, the cubicles had been recently built (around 1 month previously) and the animals were in the middle of the adaptation period. This observation highlights the importance of research into isolated events that could affect animal welfare. Skin lesions are a common occurrence in animals who find it difficult to lie down properly on concrete surfaces. This helps to account for the positive correlation that was found between FALPC and INT in the present study.

Around 95% of the farms obtained only an 'acceptable' level of health. This could be linked to the absence of health records kept at the farms, which impedes the design of efficient preventative protocols. This handicap has been partially overcome in some Nordic countries by the implementation of mandatory disease records at the farm level (Olsson *et al.*, 2001). In reference to respiratory problems, they were more frequently detected in farms with less rigorous hygiene (CWP, DLL, DHQ, and DU) as a consequence of higher concentrations of microorganisms and the presence of ammonia. Where hoof diseases are concerned, it is known that they have the highest impact on dairy cows' welfare and, as a consequence, negatively affect the production, reproduction and behaviour of the animals (Von Keyserlingk *et al.*, 2009). Lameness prevalence rates in European dairy herds range from 1 to 21% in loose housing systems (Sogstad *et al.*, 2005). In the present study, lameness (counting only severe cases) reached a rate of 4.7%, in line with the level reported by Naceur *et al.* (2012). It was observed that farms exhibiting a high percentage of lameness were eventually visited by a podiatrist to diagnose and treat hoof defects. On those farms where the farmer was trained to recognise and prevent hoof problems, by contrast, the percentage of lameness significantly decreased.

As far as the procedures for disbudding and dehorning are concerned, it was observed that farms using caustic soda exhibited more problems in CWP and FWP. Far from establishing cause and effect relationships for these parameters, these correlations

**Table 2.** Bivariate correlation between different wellbeing parameters obtained on the dairy farms analysed, and between the mentioned parameters and the reproductive and milk indices

Measurements	<i>r</i>	<i>P</i> value
Correlations between wellbeing parameters		
Time needed to lie down/% of collisions	0.588	0.006
Cleanliness of water points/Dirtiness of lower legs	0.619	0.004
Cleanliness of water points/Dirtiness of hindquarters	0.648	0.002
Dirtiness of lower legs/Dirtiness of hindquarters	0.835	0.000
Cleanliness of water points/Dirtiness of udder	0.648	0.002
Dirtiness of lower legs/Dirtiness of udder	0.727	0.000
Dirtiness of hindquarters/Dirtiness of udder	0.829	0.000
Body condition score/Access to outdoor loafing area	0.592	0.006
Dirtiness of hindquarters/Access to outdoor loafing area	-0.717	0.000
Dirtiness of udder/Access to outdoor loafing area	-0.531	0.016
Dirtiness of lower legs/Access to outdoor loafing area	-0.428	0.050
Cleanliness of water points/Hampered respiration	0.535	0.015
Dirtiness of lower legs/Hampered respiration	0.472	0.035
Dirtiness of hindquarters/Hampered respiration	0.431	0.058
Dirtiness of udder/Hampered respiration	0.476	0.034
Frequency of animals lying outside of the lying area/No integument alterations	-0.699	0.001
Frequency of animals lying outside of the lying area/Medium integument alterations	0.664	0.001
Frequency of animals lying outside of the lying area/Severe integument alterations	0.691	0.001
Cleanliness of water points/Dehorning method	0.467	0.038
Functioning of water points/Dehorning method	0.454	0.044
Correlations between wellbeing parameters and the reproductive and milk indices		
Body condition score/Period from parturition to first insemination	0.463	0.040
Time needed to lie down/Period from parturition to first insemination	0.451	0.046
Access to outdoor loafing area/Period from parturition to 1st insemination	0.511	0.021
Coughing/Heat detection	-0.567	0.009
Hampered respiration/Heat detection	-0.609	0.004
Cleanliness of water points/Milk production	-0.458	0.042
Dirtiness of lower legs/Milk production	-0.553	0.011
Dirtiness of hindquarters/Milk production	-0.547	0.013
Dirtiness of udder/Milk production	-0.472	0.035
Hampered respiration/Milk production	-0.523	0.018

could indicate which farmers are aware of animal welfare (they take care of drinking fountains and avoid the most painful methods of disbudding and dehorning), and those who are oblivious of such bad practices.

In general terms, the time required for carrying out the welfare assessment per farm was around 6–7 h. In this context, the absence or low variability observed for some parameters (e.g. PT and AP) enables the authors to suggest that these measures (included in the WQ protocol) could be effectively ignored, thereby simplifying the protocol and making it less time-consuming. The existence of high correlations between some parameters (DLL, DHQ and DU) may also help to simplify the

protocol, eliminating the measurements that provide similar information.

With regard to the correlations between the welfare and the reproductive data, the percentage of cows in the present study exhibiting an inadequate body condition score was positively correlated with the calving-first insemination interval. This means that lean cows need more time to express signs of heat and to be inseminated when the percentage of inadequate BCS is higher, which is consistent with the findings of Roche *et al.* (2009). According to the present study, nutrition is a factor with an impact on reproductive performance, as is also the case with housing, health, genetic selection and management (Mee, 2012).

Those farms classified as having an 'enhanced' score for housing showed heat detection rate (HD) between 21.5 and 67.5%, while 'excellent' farms showed a smaller range (41–67%). It could be that an inappropriate design of the rest area leads to lower oestrus expression and therefore deficient heat detection. In the present study it was also observed that the calving-first insemination interval was higher on those farms where the cows took longer to lie down, suggesting that animals in uncomfortable situations could delay their oestrus expression. These findings are in line with Relić and Vuković (2013), who affirm that the risks associated with reproduction are multifactorial, and housing conditions are highly implicated. With regards to the health evaluation, those animals showing a higher incidence of coughing and hampered respiration presented a lower heat detection rate and milk production, highlighting the importance of monitoring animal health on farms.

It has become a requirement for various industries to demonstrate compliance with certain standards of wellbeing by means of animal welfare assessments and audits (Rushen et al., 2011). The modern dairy industry, in which the pressure to increase milk yields poses a risk to wellbeing, requires technicians with certain skills and knowledge of animal welfare to ensure that cows are able to live happily in their productive environment. Both farmers and veterinarians must be trained with this goal in mind.

In light of the results obtained here, it is concluded that most of the farms included in this study exhibit an adequate welfare status in terms of the WQ protocol, although the housing assessment revealed higher scores than the feeding and health sections, highlighting potential remedial action that could be taken to enhance welfare on these farms. Findings also support the suggestion that time required for welfare assessment can be reduced, since there are high correlations between certain parameters. Finally, welfare indicators showed a positive correlation with some reproductive parameters, which suggests that the enhancement of wellbeing factors will be positive for increasing the reproductive indices of dairy cows.

This study may be seen as a preliminary step towards a more elaborate programme of welfare animal and devising future systems of certification such as quality seals.

**Supplementary material.** The supplementary material for this article can be found at <https://doi.org/10.1017/S0022029919000207>

## References

- Albright J** (1993) Feeding behaviour of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* **76**, 485–498.
- Andreasen SN, Wemelsfelder F, Sandoe O and Forkman B** (2013) The correlation of qualitative behavior assessment with Welfare Quality® protocol outcomes in on-farm welfare assessment of dairy cattle. *Applied Animal Behaviour Science* **143**, 9–17.
- Blokhuis HJ** (2008) International cooperation in animal welfare: the Welfare Quality® project. *Acta Veterinaria Scandinavica* **50**, S10.
- des Roches A, Veissier I, Coignard M, Bareille N, Guatteo R, Capdeville J, Gilot-Fromont E and Mounier L** (2014) The major welfare problems of dairy cows in French commercial farms: an epidemiological approach. *Animal Welfare* **23**, 467–478.
- DiGiacinto Villalobos A, Rojas González M, Estrada K, öniğ S and Romero Zúniga JJ** (2014) Animal Welfare in Costa Rica specialized dairy herds from a dairy cooperative. *Revista de Ciencias Veterinarias* **32**, 7–19.
- Franchi GA, Garcia PR and da Silva IJO** (2014) Welfare quality applied to the Brazilian dairy cattle. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology* **2**, 60–65.
- Fraser AF and Broom DM** (1997) *Farm Animal Behaviour and Welfare*. Wallingfords, Oxon, UK: CAB International.
- Hauge SJ, Kielland C, Ringdal G, Skjerve E and Nafstad O** (2012) Factors associated with cleanliness on Norwegian dairy farms. *Journal of Dairy Science* **95**, 2485–2496.
- Mee JF** (2012) Reproductive issues arising from different management systems in the dairy industry. *Reproduction in Domestic Animals* **47** (Suppl 5), 42–50.
- Naceur M, Frouja S, Aloulou R, Bouallegue M, Kaur S, Brar SK and Hamouda MB** (2012) Dairy cattle welfare status measured by animal-linked parameters under Tunisian rearing conditions. In Chaiyabutr N (ed). *Milk Production – an up-to-Date Overview of Animal Nutrition, Management and Health*. Rijeka, Croatia: InTech, pp. 289–308.
- Olsson SO, Baekbo P, Hansson SO, Rautala H and Østeras O** (2001) Disease recording systems and herd health schemes for production diseases. *Acta Veterinaria Scandinavica* **94**, 51–60.
- Phillips CJ and Morris ID** (2002) The ability of cattle to distinguish between, and their preference for, floors with different levels of friction, and their avoidance of floors contaminated with excreta. *Animal Welfare* **11**, 21–29.
- Popescu S, Borda C, Diugan EA, Spinu M, Groza IS and Sandru CD** (2013) Dairy cows welfare quality in tie-stall housing system with or without access to exercise. *Acta Veterinaria Scandinavica* **55**, 43.
- Relić R and Vuković D** (2013) Reproductive problems and welfare of dairy cows. *Bulletin UASVM. Veterinary Medicine* **70**, 301–309.
- Roche JR, Friggens NC, Kay JK, Fisher MW, Stafford KJ and Berry DP** (2009) Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *Journal of Dairy Science* **92**, 5769–5801.
- Rushen J, Butterworth A and Swanson JC** (2011) Animal behavior and well-being symposium: farm animal welfare assurance: science and application. *Journal of Animal Science* **89**, 1219–1228.
- Sogstad AM, Fjeldaas T and Osteras O** (2005) Lameness and claw lesions of the Norwegian Red dairy Cattle housed in loose stalls in relation to environment, parity and stage of lactation. *Acta Veterinaria Scandinavica* **46**, 203–2017.
- Von Keyserlingk MAG, Rushen J, De Pasille AM and Weary DM** (2009) The welfare of dairy cattle-key concepts and the role of science. *Journal of Animal Science* **94**, 4101–4111.
- Welfare Quality®** (2009) *Welfare Quality® Assessment Protocol for Cattle*. Lelystad, Netherlands: Welfare Quality® Consortium.
- Winckler C** (2006) On-farm welfare assessment in cattle from basic concepts to feasible assessment systems. *24th World Buiatrics Congress, 15.-19.10.2006*. Nizza, Frankreich, pp. 493–500.



# Comparing welfare indicators in dairy cattle under different loose housing systems (deep litter vs cubicle barns) using recycled manure solids for bedding

Laura Molina (Molina, L)<sup>1</sup>, Estrella I. Agüera (Agüera, EI)<sup>2</sup>, Carlos C. Pérez-Marín (Pérez-Marín, CC)<sup>1</sup> and Francisco Maroto-Molina (Maroto-Molina, F)<sup>3</sup>

<sup>1</sup> University of Cordoba, Faculty of Veterinary Medicine, Dept. of Animal Medicine and Surgery. 14014 Cordoba, Spain. <sup>2</sup> University of Cordoba, Faculty of Veterinary Medicine, Dept. of Cellular Biology, Physiology and Immunology. 14014 Cordoba, Spain. <sup>3</sup> University of Cordoba, School of Agricultural and Forestry Engineering, Dept. of Animal Production. 14014 Cordoba, Spain.

## Abstract

**Aim of study:** Dairy farmers in Southern Spain are continuously investing in the modernization of their facilities and frequently ask technicians about the type of housing they should choose for their farms. Although some studies have analysed the economic impact of different housing systems, there are no reports evaluating the impact of these systems on animal wellbeing. To remedy this deficit, a study was carried out to analyse animal welfare status in two types of loose housing conditions: deep litter (DL) and cubicle (CU) barns.

**Area of study:** This study was conducted in Cordoba (Spain).

**Material and methods:** A total of 1,597 cows from nineteen commercial dairy farms were involved in this study, of which twelve had CU barns and seven had DL barns. Welfare Quality assessment was used to evaluate animal wellbeing, in order to compare both housing systems.

**Main results:** The study found some weaknesses for feeding and health indicators of animal welfare in both types of housing systems. The overall welfare assessment based on feeding, housing and health indicators showed no differences between farms with DL or CU barns.

**Research highlights:** A good welfare status could be reached under any type of housing system.

**Additional key words:** dairy cow; wellbeing; feeding; housing; health.

**Abbreviations used:** BCS (body condition score); CU (cubicle barns); DEH (dehorning method); DL (deep litter barns); DLL (dirtiness of lower leg); HR (hampered respiration); ND (nasal discharge); OLA (outdoor loafing area); SCC (somatic cell count); TNLD (time needed to lie down); VD (vulvar discharge); WQ (Welfare Quality assessment protocol for dairy cattle).

**Authors' contributions:** Conceived and designed the experiment: CCPM and EIA. Performed the fieldwork: LM. Analysed and interpreted data: FMM, LM and CCP. All authors drafted and approved the final manuscript.

**Citation:** Molina, L; Agüera, EI; Pérez-Marín, CC; Maroto-Molina, F (2020). Comparing welfare indicators in dairy cattle under different loose housing systems (deep litter vs cubicle barns) using recycled manure solids for bedding. Spanish Journal of Agricultural Research, Volume 18, Issue 1, e0501. <https://doi.org/10.5424/sjar/2020181-15287>

**Supplementary material** (Tables S1-S3) accompanies the paper on SJAR's website

**Received:** 10 Jun 2019. **Accepted:** 25 Mar 2020.

**Copyright © 2020 INIA.** This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-by 4.0) License.

**Funding:** The authors received no specific funding for this work.

**Competing interests:** The authors have declared that no competing interests exist.

**Correspondence** should be addressed to Carlos C. Pérez-Marín: [pv2pemac@uco.es](mailto:pv2pemac@uco.es)

## Introduction

The different types of housing systems aim to offer the most comfortable environment for dairy cows, among other reasons, in order to safeguard animal welfare. In this context, it is worth measuring the wellbeing indicators of cows housed in distinct systems, because poor welfare can induce suppression of the immune system and other disturbances, which are likely to increase the risk of disease (Abeni & Bertoni, 2009).

Dairy cattle are usually accommodated in tie or loose housing systems, with numerous variations within each system according to the type of bedding, the presence of stalls and the size of the resting area, among others. In Southern Spain, dairy farms exclusively utilise loose-housing systems, defined as a system where cows are kept untied in the barn, usually comprising a lying area, a feeding passage, a standing and walking passage and a milking area (Zappavigna *et al.*, 2014). The loose-housing systems

predominantly used in Southern Spain are deep litter (DL) barns (which have unobstructed lying areas for every group of cows) and freestall or cubicle (CU) barns (which have individual spaces or stalls for lying down). Deep litter barns are usually built on dairy farms with relatively few cows, but when cow density is increased, farmers tend towards CU construction. In order to choose one over the other, farmers consider numerous factors, the available area per farm and the investment capacity being some of the most important.

Ethograms need to be analysed in order to determine how cows behave, enabling better decisions to be taken for designing appropriate housing for cows. In this regard, Grant (2004) determined how much time dairy cows dedicate to their basic activities over the day, reporting around 5 to 5.5 hr for eating, 12 to 14 hr for lying/resting (including 6 hr of rumination), 4 hr for rumination while standing and 30 min for drinking. It is evident that cows' predominant activity is resting, suggesting that special attention should be devoted to the impact of the different housing systems on the resting of cows. It has become generally accepted that housing for dairy cattle should be constructed in accordance with the five freedoms needed to ensure animal welfare (Capdeville & Veisser, 2001).

Farmers frequently invest to improve and modernise their farms in order to enhance productivity. Nowadays, they are also aware of the importance of providing good conditions to optimise animal wellbeing. Technicians are frequently asked about the type of housing system they recommend, and the answer is not easy since many factors may impinge on the decision. Considering the great impact that the housing system has on animal wellbeing, the present study was conducted to compare welfare assessment based on feeding, housing and health principles in dairy cows reared under two different loose-housing systems: deep litter barns and cubicle barns.

## Material and methods

### Animals and housing

This study was carried out on a total of 1,597 cows from 19 commercial dairy farms located in Cordoba (Spain), with a herd size ranging from 33 to 189 cows. Dairy cattle farming in this region exhibits some singularities linked to the climate, such as the relative absence of grazing. This area has two marked seasons: a cold, moderately rainy winter and a dry, hot summer. Rainfall is irregularly distributed

throughout the year, with maximum rainfall in the autumn-winter period and minimum rainfall in summer, exceeding the annual average of 500 mm in the wider region, but with very marked local differences.

Farms using DL barns ( $n=7$ ) and CU barns ( $n=12$ ) were studied. The total resting area for DL barns ranged between 4.6 m<sup>2</sup> and 13.1 m<sup>2</sup> per cow. Regarding freestalls or cubicles, the width was between 1.15 m and 1.25 m, and the length between 1.7 m and 2.0 m (from rear curb to brisket board), which is equal to 1.9-2.5 m<sup>2</sup> per cow. Cubicles per cow range from 0.7 to 1.5 m<sup>2</sup>, with an average value of 1.1 m<sup>2</sup>. In all cases, cows were milked twice a day and a total mixed ration was used. The bedding material used in all the farms was recycled manure solids. In relation to bedding management, both in DL and CU barns, bedding material was aerated twice everyday using a cultivator or a chisel type of equipment to dry the surface and make it comfortable for dairy cows. In CUs, new bedding material was added every 12 days on average, although this period can vary from 7 to 21 days, depending on weather conditions. In DL barns, bedding material was completely replaced twice a year.

Regarding reproductive management, 57% of farms with DL barns and 50% of farms with CUs used oestrus synchronization protocols. On the other hand, only 14% of DL barns had automatic heat detection systems, while 42 % of CU barns had them.

### Wellbeing assessment

Welfare based on feeding, housing and health freedoms was assessed in accordance with the Welfare Quality assessment protocol for dairy cattle (WQ) (Welfare Quality, 2009). All the farms participating in this study were assessed during October and November 2015. They did not participate in any animal welfare certification scheme. The day before the on-site farm evaluation, each farmer was given a brief questionnaire on topics such as number of milking cows, presence of tethering, access to OLA, dehorning method, percentage of tail-docked cows and use of anaesthetics and/or analgesics for dehorning. Regarding somatic cell count (SCC), as these data were not available at individual cow level, the worst-case scenario was considered (SCC>400000 for 17.5% of cows). During the morning of the day welfare assessment was conducted, the cows were held at the feeding rail after milking (never for more than two hr). This was when the evaluation of the body condition score (BCS), dirtiness of lower leg, hindquarters and

udder (DLL, dirtiness of hindquarters and dirtiness of udder, respectively), nasal discharge (ND), ocular discharge, diarrhoea, vulvar discharge (VD), and integument alterations was carried out. Afterwards, lameness was assessed and scored. Drinkers were evaluated while the cows were in the shed. Finally, evaluations were made of how long the animals took to lie down in their resting area, whether collisions with housing equipment occurred and the number of cows lying completely or partly outside the rest area. During this time, hampered respiration (HR) and coughing were also quantified (Table S1 [suppl]). Farms were classified for the different principles of welfare as excellent, enhanced, acceptable or not classified.

Several indexes relating to reproductive performance were obtained for each farm. Average values for the year preceding the day of the visit to the farm were used. These data were obtained using ReproGTV software (Grup Tècnic Veterinari, Girona, Spain).

## Statistical analysis

Descriptive statistics (mean, standard error, minimum and maximum) were calculated for the assessed feeding, housing and health measurements and for the global scores of each criterion. The comparison of data obtained from the two different housing systems was conducted using an analysis of variance (ANOVA) for quantitative variables and a Chi-square test for qualitative ones. It is important to note that, although some of the WQ measurements on individual cows are qualitative, *e.g.* DLL can be 0 (no dirt or minor splashing) or 2 (separate or continuous plaques of dirt), we used herd level data, *e.g.* the percentage of cows with separate or continuous plaques of dirt, which are quantitative. The correlation of different welfare measurements was described using the Pearson correlation coefficient. When *p*-value was lower than 0.05, differences were considered significant. All statistical analyses were performed using SPSS v18 for Windows (SPSS Inc., Chicago, USA).

## Results

With regard to the feeding principle, farms with CU barns showed significantly ( $p=0.016$ ) higher percentage of lean cows than those with DL barns. Malfunctioning of watering troughs was rare in both housing systems, but the water showed a tendency to be dirtier ( $p=0.054$ ) in DL barns.

With respect to the housing principle, cows in both types of barns needed similar time to lie down. Significant differences were observed in the percentage of animals colliding with equipment and the presence of dirty animals (Table 1). The percentage of collisions between animals and equipment was significantly higher ( $p<0.05$ ) in farms with CUs. It was noted that CUs were more effective than DL barns to maintain cows clean. Significant differences were found in hindquarters ( $p=0.03$ ) and lower legs ( $p=0.03$ ), and a tendency for udder ( $p=0.06$ ). Regarding OLA, 85.7% of farms with DL barns had them, but they were available in only 16.7% of farms with CUs. No access to pasture was available in any farm. The overall housing classification showed good values, since all the farms were classified as “enhanced” or “excellent” (Table S2 [suppl]).

The comparison of welfare indicators linked to health principles between DL and CU barns showed no significant differences ( $p>0.05$ ), except for nasal discharge that was higher in CUs (Table 1). Also, a tendency ( $p=0.06$ ) for higher vulvar discharge incidence was observed in cows housed under CU system (Table 1). The presence of horned cows was significantly higher in farms with deep-litter barns (Table 1). A tendency ( $p=0.09$ ) for a higher use of thermocautery for disbudding instead of caustic paste was observed in farms with CU barns. All the monitored farms, both DL and CU barns, were classified as “acceptable” for the health principle, *i.e.* the welfare of animals associated to this principle is above or meets minimal requirements.

No significant differences were observed for reproductive parameters or milk production comparing animals housed in DL or CU barns (Table 2). Nevertheless, a larger variability in reproductive performance was observed in CU barns.

The partial welfare assessment based on feeding, housing and health did not reveal major differences between farms (Fig. 1, Table S2 [suppl]). The correlations between the welfare measurements were also analysed (Table S3 [suppl]).

## Discussion

Consumers are increasingly concerned about how the food they eat has been produced (Cembalo *et al.*, 2016). It has been argued that the type of housing impacts on cows' resting time and therefore on their comfort (Haley *et al.*, 1999). Aspects such as overcrowding, uncomfortable bedding, insufficient space and a long distance to feeders, among others, can negatively affect cow welfare. Prompted by the interest

**Table 1.** Significance of differences between welfare indicators of deep litter (DL) barns and cubicles (CU) barns using ANOVA and chi-square test.

Principle	Measurement	DL		CU		p-value
		Mean±SEM	Min-Max	Mean±SEM	Min-Max	
FEEDING	very lean cows (%)	8.0±1.1	3.0-15.2	17.2±3.2	4.5-32.7	0.016
	length of trough per cow (cm)	6.4±0.7	3.5-9.2	6.3±0.9	1.6-11.4	0.930
	clean water points (%)	85.7±7.0	50.0-100.0	100.0±0.0	100.0	0.054
	malfunctioning of water points (%)	14.0±10.9	0.0-100.0	8.0±10.9	0.0-100.0	0.703
HOUSING	time needed to lie down (s)	4.6±0.1	4.2-5.5	4.8±0.3	3.6-6.4	0.597
	animals colliding with equipment (%)	0.0±0.0	0.0	15.2±6.2	0.0-50.0	0.027
	animals lying outside resting area (%)	0.0±0.0	0.0	1.5±1.5	0.0-13.8	0.332
	animals with dirty lower legs (%)	49.8±8.6	20.0-81.8	30.8±5.3	11.5-59.1	0.033
	animals with dirty hindquarters (%)	33.9±7.1	13.0-76.6	13.9±5.1	0.0-47.7	0.033
	animals with dirty udder (%)	20.4±3.8	6.7-45.5	9.2±4.1	0.0-40.9	0.060
	access to outdoor loafing area	85.7 (yes)	yes/no	16.7 (yes)	yes/no	0,006
	access to pasture	0.0 (yes)	yes/no	0.0 (yes)	yes/no	-
HEALTH	animals with severe lameness (%)	3.5±0.8	0.0-7.0	5.7±1.0	0.0-9.4	0.101
	animals with no integument alteration (%)	91.7±2.0	79.8-100	85.6±5.3	47.7-100	0.298
	animals with mild integument alteration (%)	8.3±2.0	0.0-20.2	11.1±3.6	0.0-34.1	0.507
	animals with severe integument alteration (%)	0.0±0.0	0.0	3.3±1.9	0.0-18.2	0.107
	n. of coughs per animal	0.1±0.1	0.0-0.7	0.2±0.2	0-1.3	0.694
	animals with nasal discharge (%)	16.8±3.4	3.0-39.4	30.9±4.7	12.7-50.0	0.026
	animals with ocular discharge (%)	5.0±1.2	0.0-12.1	8.8±3.2	0.0-29.1	0.288
	animals with hampered respiration (%)	0.0±0.0	0.0	0.8±0.6	0-5.5	0.226
	animals with diarrhoea (%)	4.5±1.9	0-18.2	3.4±1.5	0-12.8	0.717
	animals with vulvar discharge (%)	0.0±0.0	0.0	1.5±0.7	0-4.5	0.057
	animals with somatic cell count above 400,000*	17.5±0.0	17.5	17.5±0.0	17.5	-
	horned cows (%)	5.0±1.9	0.0-11.8	1.0±0.3	0.0-5.8	0.018
	procedure for disbudding/dehorning	42.9 (thermocautery) 57.1 (caustic paste)	no/ thermocautery/ caustic paste/ dehorning	83.3 (thermocautery) 16.7 (caustic paste)	no/ thermocautery/ caustic paste/ dehorning	0.094
	use of anaesthetics/analgesics	0.0 (yes)	yes/no	0.0 (yes)	yes/no	-
	tail docked cows (%)	0.5±0.3	0.0-2.5	0.6±0.2	0.0-4.5	0.794
	procedure for tail docking	100.0 (rubber rings)	no/rubber rings/surgery	100.0 (rubber rings)	no/rubber rings/surgery	-
use of anaesthetics/analgesics	0.0 (yes)	yes/no	0.0 (yes)	yes/no	-	

\* Data not available due to the lack of official milk records. The worst-case scenario (17.5% of cows with SCC>400,000) was considered, according to WQ protocol (2009).

**Table 2.** Average value of reproductive and productive measurements in deep litter and cubicle barns.

Measurement	Deep litter		Cubicle		p-value
	Mean±SEM	Min-Max	Mean±SEM	Min-Max	
Calving interval (d)	432.2±8.5	408.1-465.1	463.8 ±16.7	398.1-535.0	0.266
Calving to conception (d)	157.2±8.4	133.1-190.1	181.5 ±15.0	122.9-235.0	0.343
Calving to first service (d)	73.7±0.3	73.0-74.7	84.8 ±5.0	69.0-107.0	0.180
Services	3.2±0.1	3.0-3.6	3.2 ±0.4	1.9-5.4	0.950
Fertility (%)	32.0±1.0	28.7-35.2	34.3 ±3.9	18.5-52.6	0.712
Heat detection (%)	57.3±2.9	47.8-67.5	51.5 ±3.6	37.0-67.0	0.355
Milk production (kg/d)	35.9±0.1	35.7-36.0	36.4 ±1.1	29.3-40.5	0.788

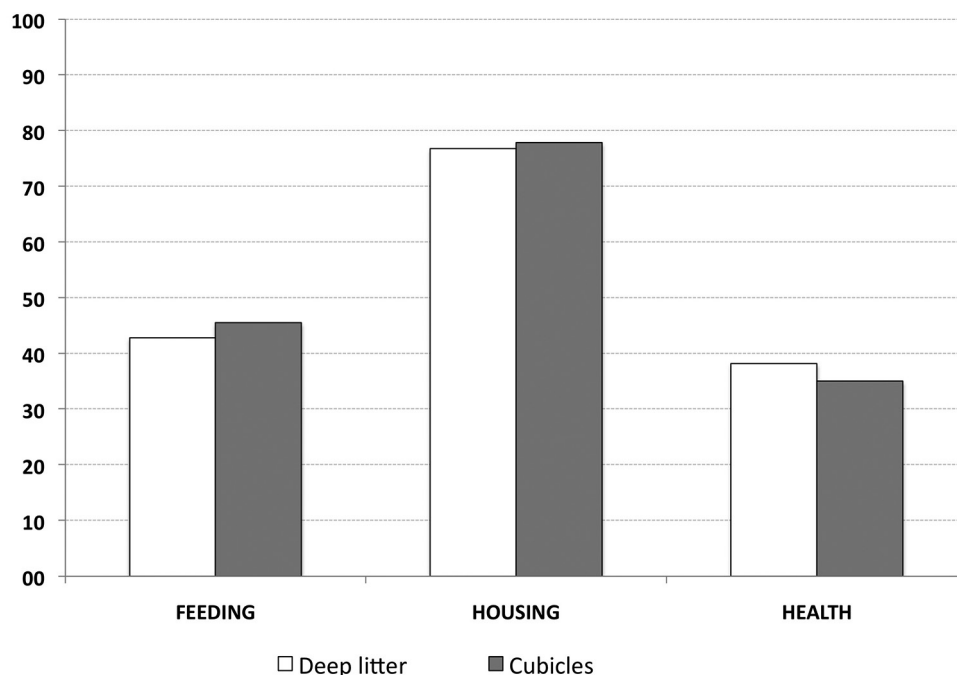
of farmers and society at large in aspects related to animal welfare in dairy cows, the present study was conducted to compare the welfare status of two different housing systems in southern Spain, in order to assess the wellbeing of animals reared under these housing systems and to determine differences between farms.

Most studies conducted in this field establish a set of welfare indicators using a limited sample of animals, although these measurements are different between studies. Recently, new welfare assessment protocols for dairy cows have been developed offering more consistent, standardised and comparable animal-based measures at farm level, which are related to the five freedoms, as in the case of WQ, the most popular protocol.

The overall welfare assessment did not reveal differences between farms with DL or CU barns. In a holistic approach to this assessment, it was found that

farms exhibited low scores in terms of health indicators, while housing parameters exhibited good scores. As far as feeding indicators are concerned, inappropriate scores were detected in some cases, showing huge differences between farms for this principle. These results suggest that great attention should be focused on the health and feeding parameters in order to increase the welfare of these farms.

Most welfare measurements based on feeding and housing indicators showed differences when they were assessed on different farms, but not linked to the type of barns used (*i.e.* DL or CU barns). Health indicators did not vary between the assessed farms. In relation to this, Popescu *et al.* (2013) affirmed that the different housing systems (including the controversial tie-stall farms) offer good welfare conditions for cows, and that it is not the design or type but incorrect management practices that are ultimately responsible for deficient animal welfare.

**Figure 1.** Average scores (%) for feeding, housing and health principles depending on the housing system.



With regard to the feeding principle, BCS deficiencies in intensive dairy farms have been associated with reduced welfare, which is usually linked to diseases or deficient facilities. In the present study, the percentage of very thin cows showed significant differences between the two housing systems (8.0% and 17.2% in DL barns and CU barns, respectively). These values were higher than those reported by Ostojic-Andric *et al.* (2011) in Serbia (5.1% and 2.2% in loose housing and tied housing systems, respectively), but lower than described by Bugueiro *et al.* (2018) in different types of housing (freestall and tied systems) in North-Western Spain (19.4%). A high percentage of lean cows has been associated with severely lame animals (Bugueiro *et al.*, 2018), but in the present study no correlation was detected between these parameters (Table S3 [suppl]). Such lack of correlation is probably due to the fact that WQ only considers very lean and very lame cows, which might not be a good representation of the lameness status and body condition of all the animals in the farm. Average farm size was approximately double for CU than for DL barns (105 vs 51 cows per farm). A lower feeder length per cow in larger farms due to space constraints, and the correspondent larger competition for feed, could be suggested as a factor involved in the differences between CU and DL farms regarding the percentage of very lean cows. However, no correlation was observed between such percentage and farm size. The percentage of very lean cows was also not related to the space or the number of CUs per cow. As de Boyer *et al.* (2014), we found that the percentage of very lean cows had a large variability among farms. It could be interpreted as differences in the number of cows in the first third of lactation, which are more likely to be tagged as very lean (BCS < 2.5), even when there were no significant differences among farms in the average number of days in milk (199 days in CUs and 233 days in DL barns).

Regarding water availability, cows suffering from insufficient access to water (associated with pathologies or due to insufficient troughs) may have several consequences, such as a decrease in feed intake and milk production (Steiger *et al.*, 2001). It has been reported that cows with a restriction (around 50%) of water intake suffer a reduction in their milk yield of around 74% and exhibit more aggressive behaviour (Little *et al.*, 1980). In the present study, the cleanliness of water points was slightly worse in DL barns. However, there were fewer lean cows in DL than in CU barns and milk production was not affected. Probably, the assessment of water cleanliness on the basis of punctual

visits, as established in WQ, is not adequate. It could be better to ask the farmer about water point management (number of daily cleanings and moment when they are performed).

Consistent differences between DL and CU barns were detected when welfare indicators based on housing measurements were analysed. Cleanliness is a key welfare indicator, since cows have been shown to prefer clean, dry and soft surfaces for resting (Rushen *et al.*, 2007). In this study, cows housed in DL barns exhibited more dirt compared to animals housed in CUs, in line with the findings of Fregonesi & Leaver (2001). This difference may be explained by deficient bedding maintenance, while inadequately designed barns can also affect cow cleanliness. The way barns are oriented is essential for preventing rainwater from entering and ensuring that the rest area is appropriately ventilated and dry. Cubicles were associated with cleaner animals, which may be attributable to the automated cleaning systems incorporated into this type of housing.

This study also showed that cows housed in CU systems suffer a significantly higher percentage of collisions with equipment than in DL barns. Colliding with the physical elements of the barn can also occur when the animals are trying to avoid placing excessive weight on a painful leg (Cook & Nordlund, 2009), which may be indicative of discomfort during rest in dairy cows (Hörning, 2003). While no collisions were recorded in DL barn systems, cows housed in CUs had a collision rate of 15.2% (<20% is deemed to be normal), lower than that reported by other authors in cattle reared in a tie housing system (Ostojic-Andric *et al.*, 2011; Popescu *et al.*, 2014).

One of the most important factors influencing the choice of the housing system is the softness of the bedding material (Fregonesi & Leaver, 2002). Recycled manure solids, used as bedding material in all the farms involved in this study, can provide economic benefits without affecting herd health when they are properly managed (Husfeldt *et al.*, 2012). Poor bed maintenance, involving for example inadequate bedding thickness, can result in a too hard resting area, which makes it difficult for the cow to lie down, increasing the time required (TNLD). However, in the present study, TNLD was similar for both systems (4.6 and 4.8 sec in DL and CU barns, respectively) and both fit the Welfare Quality optimum (<5.2 sec).

Almost all the farms with DL barns had an OLA, whereas it was present only in few farms with CUs. This is probably due to CU barns being a preferred option when the available area to place the farm is limited. An OLA may provide better welfare conditions for cows, since the frequency of medical treatments

has been found to be reduced on farms where animals engage in regular outdoor exercise (Regula *et al.*, 2004). However, in this study, there were not significant differences in any health measurement between farms with and without an OLA. It could be interpreted that the available space per cow was not a limitation for animal welfare in any farm, including those without OLA.

With regard to health indicators, Fregonesi & Leaver (2001) observed a higher percentage of SCC and mastitis in cows housed in strawyard barns, which was attributed to higher levels of exposure to dirt. In the present study, no significant differences were detected in most health measurements comparing the two types of loose housing system (DL vs CU barns), and all the farms were classified as acceptable, *i.e.* around minimal requirements. ND and VD exhibited significantly higher percentages in CU than in DL barns. Oltenacu & Algers (2005) argued that dairy cows are particularly susceptible to stress and metabolic, physiological and immunological disorders due to the genetic selective pressure to obtain high milk yields, something that underlines the importance of providing dairy cows with exemplary management. In this context, Trevisi *et al.* (2006) conclude that if cows of high genetic merit are managed properly, it is possible to obtain high yields and provide good welfare conditions simultaneously. The present study shows similar milk production in cows regardless of whether they are housed in DL or CU barns, which is consistent with the findings of Haley *et al.* (1999). The higher percentage of nasal discharge in CU barns observed in this study could be due to dust produced by new bedding material impacting the metal parts of CUs, which could reduce the cow resistant to infections and allergies (Zappavigna *et al.*, 2014). It is added every 12 days on average while, in DL barns, new bedding material is added twice a year. Although cows are not usually present in the barn when new bedding material is added, they are in nearby areas, and dust may be persistent in dry climates such as the study area. On the other hand, as there is also a higher percentage of vulvar discharge in CU barns, a lower activity of the immune system in these farms could be suggested as a reason for differences in both nasal and vulvar discharges.

A higher number of horned cows were detected in those farms with DL barns, which used thermocautery in 43% of them and caustic paste in the remaining 57%. Farms with CUs however used mainly thermocautery procedure for dehorning (83%). Aspects associated with disbudding or dehorning (as the type of procedure or the use of anaesthesia or analgesia) have important impact on the welfare assessment. In this sense, if thermal dehorning is carried out using anaesthesia and

analgesia, the punctuation obtained by WQ will be around three times higher. In this case, no farmer used anaesthesia or analgesia. Although dehorning method is independent of housing system, the higher percentage of horned cows and the common use of caustic paste in DL barns could indicate that these farmers are less aware of animal welfare.

It has been reported that housing systems affect the reproductive performance of dairy cows (Barberg *et al.*, 2007). For example, it has been demonstrated that preventing cows from lying down produces variations in the hypothalamic-pituitary-adrenal axis (Munksgaard & Simonsen, 1996), which supports the suggestion that better housing systems, involving better resting conditions, will enhance reproductive and other parameters. Cows housed in DL barns spend more time lying or ruminating than those in CUs, and Phillips & Schofield (1994) described reduced calving-to-conception intervals in cows housed in deep strawyards compared to those housed in CUs, which may be attributable to better welfare conditions. In the present study, no differences for reproductive parameters were observed when DL and CU barns were compared, in accordance with Fregonesi & Leaver (2001), who found no difference between housing systems for calving-first oestrous intervals or fertility. Nevertheless, reproductive values in CU barns presented much more variability than in DL barns. This probably prevents differences to be significant, even when for some parameters, *e.g.* calving interval, mean values for CUs are quite higher than for DL systems. These differences are probably due to the use of automatic heat detection systems, not to the housing facilities, as a tendency was observed for farms using these systems to have larger calving intervals (487 vs 443 days,  $p=0.06$ ) and lower heat detection rates (43.3% vs 57.3%,  $p=0.002$ ). An opposite result would be expected. We hypothesize that, in this case, farmers having automatic heat detection system relied solely on this technology, eliminating the time for cow behaviour observation. This could have a negative impact on reproductive indexes if the technology was not working perfectly.

In general, society seems likely to continue making increased demands for food produced in a way that minimises harm and maximises wellbeing for animals (Croney & Botheras, 2010), so it is necessary to continue undertaking this type of studies to provide both farmers and technicians with the information they require.

To conclude, all the farms showed a good housing assessment, while feeding and health evaluations offered immense scope for enhancement. One of the

proposals for increasing the welfare score in these farms should be conducted towards the implementation of anaesthesia and analgesia for carrying out the dehorned in young animals, among other interventions. On the other hand, both DL and CU barns have strengths and weaknesses in terms of animal welfare. Deep litter barns were inferior in terms of cleanliness of animals and water points, while CUs had some problems related to animals colliding with equipment and nasal discharge, the last probably associated to dust or deficiencies in cow immune system. Reproductive performance was similar for both systems. Management practices, such as the space per cow seem to have a greater impact on animal welfare than the type of facility. In this sense, WQ protocol presented some limitations to evaluate animal welfare, as management information is not included, and data refer to punctual visits to farms, which might not be representative.

## References

- Abeni F, Bertoni G, 2009. Main causes of poor welfare in intensively reared dairy cows. *Ital J Anim Sci* 8: 45-66. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s1.45>
- Barberg AE, Endres MI, Salfer JA, Reneau JK, 2007. Performance and welfare of dairy cows in an alternative housing system in Minnesota. *J Dairy Sci* 90: 1575-1583. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)71643-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)71643-0)
- Bugueiro A, Pedreira J, Diéguez FJ, 2018. Study on the mayor welfare problems of dairy cows from the Galicia region (NW Spain). *J Anim Behav Biometeorol* 6: 84-89. <https://doi.org/10.31893/2318-1265jabb.v6n3p84-89>
- Capdeville J, Veisser I, 2001. A method of assessing welfare in loose housed dairy cows at farm level, focusing on animal observation. *Acta Agric Scand A Anim Sci* 30: 62-68. <https://doi.org/10.1080/090647001316923081>
- Cembalo L, Caracciolo F, Lombardi A, Del Giudice T, Grunert KG, Cicia G, 2016. Determinants of individual attitudes toward animal welfare-friendly food products. *J Agric Environ Ethics* 29: 237-254. <https://doi.org/10.1007/s10806-015-9598-z>
- Cook NB, Nordlund KV, 2009. The influence of the environment on dairy cow behavior, claw health and herd lameness dynamics. *Vet J* 179: 360-369. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.09.016>
- Croney CC, Botheras NA, 2010. Animal welfare, ethics and the U.S. dairy industry maintaining a social license to operate. *Tri-State Dairy Nutr. Conf., Ohio (USA)*, Apr 20-21, pp: 51-55.
- de Boyer des Roches A, Veissier I, Coignard M, Bareille N, Guatteo R, Capdeville J, Gilot-Fromont E, Mounier L, 2014. The major welfare problems of dairy cows in French commercial farms: an epidemiological approach. *Anim Welfare* 23: 467-478. <https://doi.org/10.7120/09627286.23.4.467>
- Fregonesi JA, Leaver JD, 2001. Behavior, performance and health indicators of welfare for dairy cows housed in straw yard or cubicle systems. *Livest Prod Sci* 68: 205-216. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00234-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00234-7)
- Fregonesi JA, Leaver JD, 2002. Influence of space allowance and milk yield level on behavior, performance and health of dairy cows housed in straw-yard and cubicle systems. *Livest Prod Sci* 78: 245-257. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00097-0](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00097-0)
- Grant RJ, 2004. Incorporating dairy cow behavior into management tools. *Proc. Cornell Nutr. Conf. for Feed Manufacturers, Ithaca, NY (USA)*. pp: 65-76.
- Haley DB, Rushen J, de Passille AM, 1999. Behavioural indicators of cow comfort: Activity and resting behaviour of dairy cows in two types of housing. *Appl Anim Behav Sci* 71: 105-117. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(00\)00175-1](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(00)00175-1)
- Hörning B, 2003. Attempts to integrate different parameters into an overall picture of animal welfare using investigations in dairy loose houses as an example. *Anim Welfare* 12: 557-563.
- Husfeldt AW, Endres MI, Salfer JA, Janni KA, 2012. Management and characteristics of recycled manure solids used for bedding in Midwest free-stall dairy herds. *J Dairy Sci* 95: 2195-2203. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5105>
- Little W, Collis KA, Gleed PT, Sansom BF, Allen WM, Quick AJ, 1980. Effect of reduced water intake by lactating dairy cows on behavior, milk yield and blood composition. *Vet Rec* 106: 547-551. <https://doi.org/10.1136/vr.106.26.547>
- Munksgaard L, Simonsen HB, 1996. Behavioral and pituitary adrenal-axis responses of dairy cows to social isolation and deprivation of lying down. *J Dairy Sci* 74: 769-778. <https://doi.org/10.2527/1996.744769x>
- Oltenucu PA, Algers B, 2005. Selection for increased production and the welfare of dairy cows: are new breeding goals needed? *Ambio* 34: 4-5. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-34.4.311>
- Ostojic-Andric D, Hristov S, Novakovic Z, Pantelic V, Petrovic MM, Zlatanovic Z, Niksic D, 2011. Dairy cow's welfare quality in loose vs tie housing system. *Biotechnol Anim Husb* 27: 975-984. <https://doi.org/10.2298/BA-H1103975O>
- Phillips CJC, Schofield SA, 1994. The effect of cubicle and straw yard housing on the behaviour, production and hoof health of dairy cows. *Anim Welfare* 3: 37-44.
- Popescu S, Borda C, Diugan EA, Spinu M, Groza IS, Sandru CD, 2013. Dairy cow's welfare quality in tie-stall housing system with or without access to exercise. *Acta Vet Scand* 55: 43. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-55-43>
- Popescu S, Borda C, Diugan EA, Niculae M, Stefan R, Sandru CD, 2014. The effect of the housing system on the welfare quality of dairy cows. *Ital J Anim Sci* 13: 2940. <https://doi.org/10.4081/ijas.2014.2940>
- Regula G, Danuser J, Spycher B, Wechsler B, 2004. Health and welfare of dairy cows in different husbandry systems in Switzerland. *Prev Vet Med* 66: 247-264. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2004.09.004>

- Rushen J, Haley D, de Passille AM, 2007. Effect of softer flooring in tie stalls on resting behavior and leg injuries of lactating cows. *J Dairy Sci* 90: 3647-3651. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-463>
- Steiger Burgos M, Senn M, Sutter F, Kreuzer M, Langhans W, 2001. Effect of water restriction on feeding and metabolism in dairy cows. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 280: R418-R427. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.2001.280.2.R418>
- Trevisi E, Bionaz M, Piccioli-Cappelli F, Bertoni G, 2006. The management of intensive dairy farms can be improved for better welfare and milk yield. *Livest Prod Sci* 103: 231-236. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.05.009>
- Welfare Quality, 2009. Welfare quality® assessment protocol for cattle. Lelystad, Netherlands: Welfare Quality Consortium.
- Zappavigna P, Lensink J, Flaba J, Ventorp M, Greaves R, Heiko G, Ofner-Schrock E, Ryan T, Van Gaenegem L, 2014. The design of dairy cow and replacement heifer housing. Report of the CIGR Section II Working Group. Commission Internationale du Génie Rural, 60 pp.



# Welfare Quality® for dairy cows: towards a sensor-based assessment

Francisco Maroto Molina<sup>1</sup>, Carlos C. Pérez Marín<sup>2</sup>, Laura Molina Moreno<sup>2</sup>, Estrella I. Agüera Buendía<sup>3</sup> and Dolores C. Pérez Marín<sup>1</sup>

## Research Reflection

**Cite this article:** Maroto Molina F, Pérez Marín CC, Molina Moreno L, Agüera Buendía EI and Pérez Marín DC (2020). Welfare Quality® for dairy cows: towards a sensor-based assessment. *Journal of Dairy Research* **87**(S1), 28–33. <https://doi.org/10.1017/S002202992000045X>

Received: 1 November 2019  
Revised: 30 November 2019  
Accepted: 31 November 2019  
First published online: 29 July 2020

### Keywords:

Precision livestock farming; sensor integration; social concerns; welfare assessment

### Author for correspondence:

Carlos C. Pérez Marín,  
Email: [pv2pemac@uco.es](mailto:pv2pemac@uco.es)

<sup>1</sup>Department of Animal Production, School of Agricultural and Forestry Engineering, University of Cordoba, Cordoba, Spain; <sup>2</sup>Department of Animal Medicine and Surgery, Faculty of Veterinary Science, University of Cordoba, Cordoba, Spain and <sup>3</sup>Department of Cellular Biology, Physiology and Immunology, Faculty of Veterinary Science, University of Cordoba, Cordoba, Spain

## Abstract

This Research Reflection addresses the possibilities for Welfare Quality® to evolve from an assessment method based on data gathered on punctual visits to the farm to an assessment method based on sensor data. This approach could provide continuous and objective data, while being less costly and time consuming. Precision Livestock Farming (PLF) technologies enabling the monitoring of Welfare Quality® measures are reviewed and discussed. For those measures that cannot be assessed by current technologies, some options to be developed are proposed. Picturing future dairy farms, the need for multipurpose and non-invasive PLF technologies is stated, in order to avoid an excessive artificialisation of the production system. Social concerns regarding digitalisation are also discussed.

## Introduction

Welfare is a multidimensional concept: it embraces the absence of suffering, high levels of biological functioning, absence of disease and potential for animals to have positive experiences (Fraser, 1993). Animal wellbeing has become a top priority for citizens in wealth countries, leading the development of assessment methods and the subsequent certification schemes.

Animal welfare assessment methods have evolved over the last decades. At the beginning, single measures were proposed to provide a broad assessment of animal welfare, such as corticosteroids (Barnett and Hemsforth, 1990) or longevity (Geers *et al.*, 2003). However, none of these single measures attempts to cover all the dimensions of welfare. Consequently, several methods were proposed to make an overall assessment combining the results obtained from individual welfare measures. They ranged from informal aggregation by experts to the use of weighted sums of scores obtained for each measure. Botreau *et al.* (2007a) published a review of nine of these overall assessment methods, highlighting their strengths and weaknesses.

Welfare Quality® was an EU FP6 project that proposed a sequential aggregation of welfare measures, first from measures to welfare criteria (corresponding to dimensions with pre-set objectives) and then to an overall welfare assessment, using rules determined at each level depending on the nature and number of variables to be considered and the level of compensation to be permitted (Botreau *et al.*, 2007b). The Welfare Quality® protocol has been adopted as a standard and is being used both in commercial farms and with research purposes (Franchi *et al.*, 2014; Molina *et al.*, 2019). However, the protocol has also been criticised, since it is time consuming and costly. Even those researchers involved in the development of Welfare Quality® protocols have recommended the development of automatic measures of welfare to reduce the duration of the assessment while still retaining its holistic nature (Blokhus *et al.*, 2010). De Vries *et al.* (2013) also criticised that a small number of individual measures have a major impact on the classification and may thus lead efforts to improve classification rather than actual animal wellbeing. Furthermore, the approach does not provide the farmer with a toolbox for the ongoing assessment of cow wellbeing (Caja *et al.*, 2016) and punctual evaluations may not be representative of welfare status: those measures related to cow dirtiness can be strongly influenced by weather conditions, for instance.

Several papers on animal welfare and PLF technologies have been published in the last years. For example, based upon DairyCare (COST Action FA1308) results, Caja *et al.* (2016) published an extensive review about existing PLF solutions to support wellbeing of dairy animals. That review and this paper start from a similar premise, but we specifically address Welfare Quality® measures, as this protocol is currently being used by commercial farms to be certified as welfare friendly. On the other hand, we did not limit our considerations to available PLF solutions, considering some technologies under development and to be developed.

© The Author(s), 2020. Published by Cambridge University Press on behalf of Hannah Dairy Research Foundation. This is an Open Access article, distributed under the terms of the Creative Commons Attribution licence (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted re-use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



CAMBRIDGE  
UNIVERSITY PRESS

Therefore, the main objective of this paper is to discuss the potential use of precision livestock farming (PLF) technologies to assess the measures included in Welfare Quality® protocol for dairy cattle, providing objective and continuous data about animal welfare.

### To what extent would a sensor-based Welfare Quality® assessment be possible?

As shown in Table 1, the Welfare Quality® protocol for dairy cattle established four principles, 12 criteria and 31 measures (Welfare Quality®, 2009). The main technologies able, currently or potentially, to assess each of those measures are identified and discussed now.

#### Good feeding

This principle includes two criteria: absence of prolonged hunger and absence of prolonged thirst. The first one is measured as body condition score (BCS). According to Welfare Quality®, cows are scored 0, if they have a regular BCS, 1 if they are very lean and 2 if they are very fat (the last two mean that the cows obtained such score in at least three different body regions). This is less precise than what commercially available technologies can provide. DeLaval BCS camera (Krukowski, 2009), based on 3D imaging, includes proprietary algorithms to assign a 5-point scale score in increments of 0.1 points. Rachah *et al.* (2018) presented an evaluation of this camera, which showed some errors, but of minor importance for the precision needed for Welfare Quality® assessment. Weighing scales, both walkover systems (Dickinson *et al.*, 2013) and those incorporated in milking robots would be another option to evaluate the absence of prolonged hunger.

The absence of prolonged hunger could also be evaluated through the monitoring of feed intake and feeding behaviour. However, these indicators are not easy to measure for individual cows, especially in grazing systems. Some technologies based on trough scales (Halachmi *et al.*, 1998), pressure sensors (Leiber *et al.*, 2016) or accelerometers (Oudshoorn *et al.*, 2013) exist, but they are still mostly used at research level.

The absence of prolonged thirst is assessed through four indicators: number (or length) of water points, cleanliness of water points, water flow and functioning of water points. All these measures aim to assure a sufficient and accessible water supply to animals. From a PLF perspective, monitoring the number and status of water points has no relevance, as it is possible to actually measure water consumption of every cow. A combination of Radio Frequency Identification (RFID) and flowmeters could provide these data (Cardot *et al.*, 2008). Reticular boluses equipped with temperature-measuring electronics could also be used to monitor water intake, as rumen temperature decreases after every drinking bout. However, the magnitude of rumen temperature drop is correlated to water temperature (Bewley *et al.*, 2008), so this type of monitoring system would require the integration of data from weather stations or thermometers in water troughs. As regards water quality, there are turbidity sensors able to measure water cleanliness, but it could be assumed to be adequate if water intake is normal.

Both feed and water intake could also be estimated from the position of the cow inside the barn: when the cow was located at the feeding line, eating behaviour would be assumed. These data could be gathered by radio-based location solutions, such as CowView, commercialised by GEA (Germany).

**Table 1.** Principles, criteria and measures of Welfare Quality® protocol for dairy cows

Principles	Criteria	Measures
Good feeding	Absence of prolonged hunger	Body condition score
	Absence of prolonged thirst	Water provision
		Cleanliness of water points
		Water flow
Good housing	Comfort around resting	Time needed to lie down
		Animals colliding with housing equipment during lying down
		Animals lying partly or completely outside the lying area
		Cleanliness of udders
		Cleanliness of flank/upper legs
		Cleanliness of lower legs
	Thermal comfort	–
	Ease of movement	Presence of tethering
		Access to outdoor loafing area or pasture
	Good health	Absence of injuries
Integument alterations		
Absence of disease		Coughing
		Nasal discharge
		Ocular discharge
		Hampered respiration
		Diarrhoea
		Vulvar discharge
		Milk somatic cell count
		Mortality
		Dystocia
		Downer cows
Absence of pain induced by management procedures		Disbudding/Dehorning
	Tail docking	
Good behaviour	Expression of social behaviours	Agonistic behaviours
	Expression of other behaviours	Access to pasture
	Good human-animal relationship	Avoidance distance
	Positive emotional state	Qualitative behaviour assessment

#### Good housing

This principle includes three criteria: comfort around resting, thermal comfort and ease of movement. The first criterion is

measured as time needed to lie down, animals colliding with housing equipment during lying down, number of animals lying partly or completely outside the lying area, and cleanliness of different body parts (udders, flank/upper legs and lower legs). Several sensors have been used for monitoring lying behaviour, such as pedometers (Mattachini *et al.*, 2013) or accelerometers (Darr and Epperson, 2009). These solutions can provide data on lying time and lying bouts, but Welfare Quality® protocol requires a more detailed information. No references to sensor systems enabling the measurement of time needed to lie down, collisions with equipment or cow positioning in the resting area were found. However, there are some computer vision-based systems aimed at detecting cows at cubicles (Porto *et al.*, 2013) or monitoring cow posture (Cangar *et al.*, 2008), which could be used for these purposes. Regarding cow dirtiness, no automatic monitoring systems were found in the literature, but image analysis systems could be used for that. For example, there are some technologies developed to monitor faeces in carcasses (Windham *et al.*, 2003; Seo *et al.*, 2019), which could be adapted to evaluate cow dirtiness.

No measures have been defined for the second Welfare Quality® criterion, thermal comfort. However, this measure can be easily automatised. The use of weather stations to calculate temperature humidity index (THI) has been available for a long time; they are used by commercial farms. Furthermore, heat stress can be indirectly detected through cow activity monitoring systems (Abeni and Galli, 2017) or reticular boluses (Bewley and Schutz, 2010). Ji *et al.* (2017) analysed the possibilities of PLF technologies for heat stress management.

Ease of movement is measured as presence of tethering and access to an outdoor loafing area or pasture. These measures could be substituted by, respectively, indoor and outdoor location monitoring systems. Indoor location systems are generally based on RFID (CowView), Bluetooth (Tøgersen *et al.*, 2010) or Ultrawideband (Pastell *et al.*, 2018), although image processing can be used for this purpose too (Dao *et al.*, 2015). For outdoor tracking, GPS would be the preferred option (Turner *et al.*, 2000). It could even be possible to distinguish between outdoor loafing areas and pasture by using satellite imagery (Viña *et al.*, 2004).

### Good health

There are three criteria for good health principle: absence of injuries, absence of disease and absence of pain induced by management procedures. Absence of injuries is measured through lameness and integument alterations. Lameness is one of the topics most extensively addressed by PLF developers, as it is among the top three most expensive health disorders in dairy cows (Thorup, 2015). Accelerometers (Thorup *et al.*, 2015), pressure mats (Van De Gucht *et al.*, 2017) or image analysis (Poursaberi *et al.*, 2010) have been used to detect lame cows. Multi-sensor systems, based on milk, activity and posture monitoring, have also been tested, showing good precision (Van Hertem, 2015). Welfare Quality® only requires discriminating among not lame, lame and severely lame cows. Sensor systems have a higher resolution, as they normally use a 5-point scale. Sensor systems for detecting integument alterations have not been found in literature. Nevertheless, there are some computer-vision systems able to detect skin problems in humans (Wei *et al.*, 2018), which could be adapted to animals.

Disease detection has been a major target of PLF systems. Welfare Quality® measures for the absence of disease are

numerous: coughing, nasal discharge, ocular discharge, hampered respiration, diarrhoea, vulvar discharge, milk somatic cell count, mortality, dystocia and downer cows. Coughing, nasal discharge, ocular discharge and hampered respiration can be indicators of respiratory disease. Sound analysis has been used to monitor coughs associated to bovine respiratory disease (Vandermeulen *et al.*, 2016). Image analysis techniques have also been tested in pigs with respiratory problems (Chen *et al.*, 2013). Nevertheless, these alterations could also be detected without specific sensor systems, for instance by integrating body temperature sensors to feed and water intake monitoring systems.

No automatic systems for monitoring diarrhoea problems were identified but, once again, image-based solutions are proposed as an alternative to address this problem. Vulvar discharge is associated with reproductive pathologies or could be due to fever or irregular heat duration. Electronic noses have been used to analyse vaginal discharge in dairy cows (Burfeind *et al.*, 2014), but these devices cannot be considered as PLF solutions, as they do not allow the automatic monitoring of animals. For humans, wearable biosensors for monitoring pH and lactic acid of vaginal discharge able to detect reproductive problems are under development (Almeida and Tomasello, 2019). This type of solutions seems to be too sophisticated for dairy farms, where oestrus monitoring could be sufficient to detect reproductive problems. Mottram (2016) reviewed the diverse technologies used for oestrus detection.

Milk somatic cell count can be monitored by near infrared spectroscopy (NIRS), even for the individual cow by incorporating this technology into milking robots (Kawasaki *et al.*, 2008). Mortality, dystocia and downer cows are Welfare Quality® measures based on farmer records. From a PLF perspective, sensor systems should serve to prevent mortality, dystocia and downer cows. For example, regarding dystocia, there are several systems focused on calving prediction in order to assist cows when needed (Borchers *et al.*, 2017).

The third criteria of the good health principle, absence of pain, includes the assessment of disbudding/dehorning and tail docking procedures. Sensor systems cannot provide these specific measures, but they can be used for monitoring pain. Prunier *et al.* (2013) reviewed pain indicators in farm animals, and some of them could be automatically monitored. In this regard, facial expression measurement is a promising research topic (Descovich *et al.*, 2017).

### Appropriate behaviour

This principle includes four criteria: expression of social behaviours, expression of other behaviours, good human-animal relationship and positive emotional state. Expression of social behaviour is assessed by observing agonistic behaviours, such as displacement, chasing or fighting. Although social behaviour has not been a priority topic for PLF researchers, some developments can be found in literature. Guzhva *et al.* (2016) used top-view cameras in the waiting area of automated milking systems, together with machine learning algorithms, to automatically detect social interactions (head pressing and body pushing). Moreover, proximity loggers and location solutions have been used to characterise social network structure of dairy herds, detecting positive social behaviours such as grooming (Boyland *et al.*, 2016).

Welfare Quality® measure for a good human-animal relationship is avoidance distance, that is to say, the size of the animals' front flight zone. Johansson *et al.* (2015) used video imaging technology to assess this measure in bird flocks. They hypothesise that the time it takes for the animals to return to their normal activity



and distribution levels after being disturbed by human presence, would reflect the fear of humans. To our knowledge, PLF solutions to assess avoidance distance at individual level are not available, but sensor networks based on Bluetooth or other radio-based technologies (Maroto-Molina *et al.*, 2019) could be used for this purpose. Another approach is the fear-related response monitoring. Stewart *et al.* (2008) used infrared thermography to detect these responses during cattle handling.

The last criterion of Welfare Quality® protocol for dairy cows is the positive emotional state, which is characterised through a qualitative behaviour assessment. Facial expressions, especially ear posture and eye white, have been used to monitor cow emotional state (Battini *et al.*, 2019). These indicators can be monitored through image and video analysis. Sound analysis can also be used to monitor animal emotional state (Manteuffel *et al.*, 2004).

### Designing the future

As reviewed in this Research Reflection, existing precision livestock farming technologies could assess most of Welfare Quality® measures. Moreover, new technologies are expected to be available in upcoming years. However, some measures are inappropriate for sensing technologies and they could be substituted by other measures assessing the same welfare criteria.

A sensor-based assessment of dairy cow welfare could provide objective and continuous data, overcoming some of the drawbacks of current assessment methods. However, when designing these future assessment systems, it should be considered that one of the main drivers of welfare assessment is the increasing societal concern about the treatment of dairy cows in modern farms. It seems reasonable to assume that an excessive artificialisation of production systems, due to the use of many different sensors, will be perceived as negative for animal welfare (Veissier *et al.*, 2019). This assumption could be especially true for animal-mounted sensors. Taking this into account, research efforts should concentrate on multi-purpose precision technologies, which could reduce the number of sensor systems needed for an overall assessment of animal welfare. Furthermore, sensors that are less invasive and disruptive for the animal should also be prioritised. Image and video processing technologies, including visible, infrared and thermal imaging, meet both requirements. Nevertheless, they have large computational requirements and they are often not as accurate and precise as alternative technologies at the level of individual animal monitoring.

The development of 5G networks and artificial intelligence in the next years will help to overcome these problems, boosting the possibilities of researchers and developers within this topic. Non-technological issues should also be considered while developing image based PLF solutions. Recording images of farm animals may involve registering images of farmers as well, which directly affects their privacy. In this sense, close-view solutions, such as cameras placed at feeding lines or water troughs, would be preferred to broad-view solutions recording images or videos of large areas.

Accelerometry is another research area that has been intensively addressed by PLF researchers. Accelerometers are multi-purpose sensors, as they can be used to assess several Welfare Quality® criteria. However, they must be attached to cows. The need for batteries 'in direct contact' with animals, could be one of the major concerns regarding animal welfare. Collar-mounted accelerometers could be perceived as less invasive for the animal than other attachment systems, such as leg bracelets, ear tags or

boluses. Cow collars have been used for a long time now, and they could be conceived as sensor platforms integrating radio frequency identifiers, accelerometers and other small-sized sensors, together with visual identifiers. There are large opportunities associated to sensor integration, in terms of accuracy and precision of sensing solutions. An additional advantage of collar-mounted sensors is that they face an environment less challenging for electronics than, for example, leg-mounted sensors, as they are further away from wetness and dirt.

Societal challenges should also be kept in mind by PLF developers. Precision farming technologies can be conceived as data providers to support farmer management and decision-making or as a means for the automation of some tasks. The second one could have a major impact on the dairy farming job market, both positive and negative depending on the context. A broad review on this topic was published by Hostiou *et al.* (2017). On the other hand, as previously described, automation could impact animal welfare, specifically in those criteria related to the human-animal bond. In this sense, those tasks requiring a close interaction between farmers and their animals, such as feeding or moving cows, would be less preferred for automation than those repetitive or dangerous tasks with no human-animal interaction. A different approach to that issue, is to assume that farmers would use their extra time due to automation in reinforcing the human-animal bond (Veissier *et al.*, 2019).

In conclusion, a number of the criteria contained in the Welfare Quality® protocol can already be addressed by commercial PLF technologies, and it is to be anticipated that more will become available in the future. In all likelihood it will be necessary to modify some of the criteria if the advantages of continuous measurement and individual monitoring provided by technological approaches are to be fully exploited.

**Acknowledgements.** This article is based upon work from COST Action FA1308 DairyCare, supported by COST (European Cooperation in Science and Technology, [www.cost.eu](http://www.cost.eu)). COST is a funding agency for research and innovation networks. COST Actions help connect research initiatives across Europe and enable scientists to grow their ideas by sharing them with their peers. This boosts their research, career and innovation.

### References

- Abeni F and Galli A (2017) Monitoring cow activity and rumination time for an early detection of heat stress in dairy cow. *International Journal of Biometeorology* **61**, 417–425.
- Almeida T and Tomasello G (2019) In dialogue with our bodies: becoming embodied knowers. *Present at FEMeeting*, Lisbon, Portugal
- Barnett JL and Hemsworth PH (1990) The validity of physiological and behavioural measures of animal welfare. *Applied Animal Behaviour Science* **25**, 177–187.
- Battini M, Agostini A and Mattiello S (2019) Understanding cows' emotions on farm: are eye white and ear posture reliable indicators? *Animals* **9**, 477.
- Bewley JM and Schutz MM (2010) Recent studies using a reticular bolus system for monitoring dairy cattle core body temperature. *Proceedings of the First North America Conference on Precision Dairy Farming*, Toronto, Canada, pp. 218–219
- Bewley JM, Grott MW, Einstein ME and Schutz MM (2008) Impact of intake water temperatures on reticular temperatures of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* **91**, 3880–3887.
- Blokhuis HJ, Veissier I, Miele M and Jones B (2010) The Welfare Quality® project and beyond: safeguarding farm animal well-being. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section A – Animal Science* **60**, 129–140.
- Borchers MR, Chang YM, Proudfoot KL, Wadsworth BA, Stone AE and Bewley JM (2017) Machine-learning-based calving prediction from activity,

- lying, and ruminating behaviours in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* **100**, 5664–5674.
- Botreau R, Bonde M, Butterworth A, Perny P, Bracke MBM, Capdeville J and Veissier I** (2007a) Aggregation of measures to produce an overall assessment of animal welfare. Part 1: a review of existing methods. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience* **1**, 1179–1187.
- Botreau R, Bracke MBM, Perny P, Butterworth A, Capdeville J, Van Reenen CG and Veissier I** (2007b) Aggregation of measures to produce an overall assessment of animal welfare. Part 2: analysis of constraints. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience* **1**, 1188–1197.
- Boyland NK, Mlynski DT, James R, Brent LNJ and Croft DP** (2016) The social network structure of a dynamic group of dairy cows: from individual to group level patterns. *Applied Animal Behaviour Science* **174**, 1–10.
- Burfeind O, Bruins M, Bos A, Sannmann I, Voigtsberger R and Heuwieser W** (2014) Diagnosis of acute puerperal metritis by electronic nose device analysis of vaginal discharge in dairy cows. *Theriogenology* **82**, 64–70.
- Caja G, Castro-Costa A and Knight CH** (2016) Engineering to support well-being of dairy animals. *Journal of Dairy Research* **83**, 136–147.
- Cangar Ö, Leroy T, Guarino M, Vranken E, Fallon R, Lenehan J, Mee J and Berckmans D** (2008) Automatic real-time monitoring of locomotion and posture behaviour of pregnant cows prior to calving using online image analysis. *Computers and Electronics in Agriculture* **64**, 53–60.
- Cardot V, Le Roux Y and Jurjanz S** (2008) Drinking behaviour of lactating dairy cows and prediction of their water intake. *Journal of Dairy Science* **91**, 2257–2264.
- Chen Y, Huang CH, Hou C, Huo D and Jin G** (2013) Rapid and label-free detection of porcine reproductive and respiratory syndrome virus on nanoscale by biosensor based on imaging ellipsometry. *Integrated Ferroelectrics* **145**, 122–129.
- Dao T, Le T, Harle D, Murray P, Tachtatzis C, Marshall S, Michie C and Andonovic I** (2015) Automatic cattle location tracking using image processing. *Proceedings of the 23rd European Signal Processing Conference*, Nice, France, pp. 2636–2640.
- Darr M and Epperson W** (2009) Embedded sensor technology for real time determination of animal lying time. *Computers and Electronics in Agriculture* **66**, 106–111.
- Descovich KA, Wathan J, Leach MC, Buchanan-Smith HM, Flecknell P, Farningham D and Vick SJ** (2017) Facial expression: an under-utilized tool for the assessment of welfare in mammals. *Alternatives to Animal Experimentation* **34**, 409–429.
- de Vries M, Engel B, den Uijl I, van Schaik G, Dijkstra T, de Boer IJM and Bokkers EAM** (2013) Assessment time of the Welfare Quality\* protocol for dairy cattle. *Animal Welfare* **22**, 85–93.
- Dickinson RA, Morton M, Beggs DS, Anderson GA, Pyman MF, Mansell PD and Blackwood CB** (2013) An automated walk-over weighing system as a tool for measuring liveweight change in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* **96**, 4477–4486.
- Franchi GA, Garcia PR and da Silva IJO** (2014) Welfare Quality\* applied to the Brazilian dairy cattle. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology* **2**, 60–65.
- Fraser D** (1993) Assessing animal well-being: common sense, uncommon science. *Proceedings of the Food Animal Wellbeing Conference*. Ed. USDA and Purdue University Office of Agricultural Research Programs. West Lafayette, Indiana, USA, pp. 37–54.
- Geers R, Petersen B, Huysmans K, Knura-Deszczka S, De Becker M, Gymnich S, Henot D, Hiss S and Sauerwein H** (2003) On-farm monitoring of pig welfare by assessment of housing, management, health records and plasma haptoglobin. *Animal Welfare* **12**, 643–647.
- Guzhva O, Ardö H, Herlin A, Nilsson M, Åström K and Bergsten C** (2016) Feasibility study for the implementation of an automatic system for the detection of social interactions in the waiting area of automatic milking stations by using a video surveillance system. *Computers and Electronics in Agriculture* **127**, 506–509.
- Halachmi I, Edan Y, Maltz E, Peiper UM, Moallem U and Brukental I** (1998) A real-time control system for individual dairy cow food intake. *Computers and Electronics in Agriculture* **20**, 131–144.
- Hostiou N, Fagon J, Chauvat S, Turlot A, Kling-Eveillard F, Boivin X and Allain C** (2017) Impact of precision livestock farming on work and human-animal interactions on dairy farms. A review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* **21**, 268–275.
- Ji B, Banhazi TM, Wang C and Li B** (2017) PLF Technologies: model development for solving heat stress problems on dairy farms. *Proceedings of 8th European Conference on Precision Livestock Farming*. Nantes, France
- Johansson A, Blokhuis H, Berckmans D and Butterworth A** (2015) Development of an automated method to assess human-animal relationship in broilers at the flock level. *Proceedings of the 7th European Conference on Precision Livestock Farming*. Milan, Italy.
- Kawasaki M, Kawamura S, Tsukahara M, Morita S, Komiya M and Natsuga M** (2008) Near-infrared spectroscopic sensing system for on-line milk quality assessment in a milking robot. *Computers and Electronics in Agriculture* **63**, 22–27.
- Krukowski M** (2009) *Automatic determination of body condition score of dairy cows from 3D images* (MSc Thesis). Stockholm, Sweden: Royal Institute of Technology, School of Computer Science and Communication.
- Leiber F, Holinger M, Zehner N, Dorn K, Probst JK and Neff AS** (2016) Intake estimation in dairy cows fed roughage-based diets: an approach based on chewing behaviour measurements. *Applied Animal Behaviour Science* **185**, 9–14.
- Manteuffel G, Puppe B and Schön PC** (2004) Vocalization of farm animals as a measure of welfare. *Applied Animal Behaviour Science* **88**, 163–182.
- Maroto-Molina F, Navarro-García J, Príncipe-Aguirre K, Gómez Maqueda I, Guerrero-Ginel JE, Garrido-Varo A and Pérez-Marín DC** (2019) A low-cost IoT-based system to monitor the location of a whole herd. *Sensors* **19**, 2298.
- Mattachini G, Antler A, Riva E, Arbel A and Provolo G** (2013) Automated measurement of lying behaviour for monitoring the comfort and welfare of lactating dairy cows. *Livestock Science* **158**, 145–150.
- Molina L, Agüera E, Maroto-Molina F and Pérez-Marín CC** (2019) Assessment of on-farm welfare for dairy cattle in southern Spain and its effects on reproductive parameters. *Journal of Dairy Research* **86**, 165–170.
- Mottram T** (2016) Precision livestock farming for dairy cows with a focus on oestrus detection. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience* **10**, 1575–1584.
- Oudshoorn FW, Cornou C, Hellwing ALF, Hansen HH, Munksgaard L, Lund P and Kristensen T** (2013) Estimation of grass intake on pasture for dairy cows using tightly and loosely mounted di- and tri-axial accelerometers combined with bite count. *Computers and Electronics in Agriculture* **99**, 227–235.
- Pastell M, Frondelius L, Jarvinen M and Backman J** (2018) Filtering methods to improve the accuracy of indoor positioning data for dairy cows. *Biosystems Engineering* **169**, 22–31.
- Porto SMC, Arcidiacono C, Anguza U and Cascone G** (2013) A computer vision-based system for the automatic detection of lying behaviour of dairy cows in free-stall barns. *Biosystems Engineering* **115**, 184–194.
- Poursaberi A, Bahr C, Pluk A, Van Nuffel A and Berckmans D** (2010) Real-time automatic lameness detection based on back posture extraction in dairy cattle: shape analysis of cow with image processing techniques. *Computers and Electronics in Agriculture* **74**, 110–119.
- Prunier A, Mounier L, Le Neindre P, Leterrier C, Mormède P, Paulmier V, Prunet P, Terlouw C and Guatteo R** (2013) Identifying and monitoring pain in farm animals: a review. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience* **7**, 998–1010.
- Rachah A, Reksen O, Jansen DC and Lovendahl P** (2018) Towards a validation protocol for sensor information in dairy herd management. *Proceedings of the 5th DairyCare Conference*, Thessaloniki, Greece. p. 30
- Seo Y, Lee H, Mo C, Kim MS, Baek I, Lee J and Cho B** (2019) Multispectral fluorescence imaging technique for on-line inspection of fecal residues on poultry carcasses. *Sensors (Basel)* **19**, 3483.
- Stewart M, Schaefer AL, Haley D, Colyn J, Cook NJ, Stafford KJ and Webster JR** (2008) Infrared thermography as a non-invasive method for detecting fear-related responses of cattle to handling procedures. *Animal Welfare* **17**, 387–393.

- Thorup VM** (2015) Lameness and activity monitoring: an introduction, status and future perspectives. *Proceedings of the second DairyCare Conference*, Cordoba, Spain, p. 19
- Thorup VM, Munksgaard L, Robert PE, Erhard HW, Thomsen PT and Friggens NC** (2015) Lameness detection *Via* leg-mounted accelerometers on dairy cows on four commercial farms. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience* **9**, 1704–1712.
- Tøgersen FA, Skjøth E, Munksgaard L and Højsgaard S** (2010) Wireless indoor tracking network based on Kalman filters with an application to monitoring dairy cows. *Computers and Electronics in Agriculture* **72**, 119–126.
- Turner LW, Udal MC, Larson BT and Shearer SA** (2000) Monitoring cattle behaviour and pasture use with GPS and GIS. *Canadian Journal of Animal Science* **80**, 405–413.
- Van De Gucht T, Saeys W, Van Weyenberg S, Lauwers L, Mertens K, Vandaele L, Vangeyte J and Van Nuffel A** (2017) Automatic cow lameness detection with a pressure mat: effects of mat length and sensor resolution. *Computers and Electronics in Agriculture* **134**, 172–180.
- Vandermeulen J, Bahr C, Johnston D, Earley B, Tullo E, Fontana I, Guarino M, Exadaktylos V and Berckmans D** (2016) Early recognition of bovine respiratory disease in calves using automated continuous monitoring of cough sounds. *Computers and Electronics in Agriculture* **129**, 15–26.
- Van Herthem T** (2015) Does lameness detection improve with a multi-sensor system? *Proceedings of the 2nd DairyCare Conference*, Cordoba, Spain, p. 20
- Veissier I, Kling-Eveillard F, Mialon MM, Silberberg M, De Boyer A, Terlouw C, Ledoux D, Meunier B and Hostiou N** (2019) Élevage de précision et bien-être en élevage: la révolution numérique de l'agriculture permettra-t-elle de prendre en compte les besoins des animaux et des éleveurs? *INRA Productions Animales* **32**, 281–290.
- Viña A, Henebry GM and Gitelson AA** (2004) Satellite monitoring of vegetation dynamics: sensitivity enhancement by the wide dynamic range vegetation index. *Geophysical Research Letters* **31**, L04503.
- Wei LS, Gan Q and Ji T** (2018) Skin disease recognition method based on image colour and texture features. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2018, 1–10.
- Welfare Quality\*** (2009) Welfare Quality® assessment protocol for cattle. Ed. Welfare Quality® Consortium, Lelystad, Netherlands
- Windham WR, Lawrence KC, Park B and Buhr RJ** (2003) Visible/NIR spectroscopy for characterising faecal contamination of chicken carcasses. *Transactions of the ASAE* **46**, 747–751.