



TESIS DE DOCTORADO

**Valoración del bienestar animal y su  
importancia sobre el rendimiento productivo  
en explotaciones de vacuno lechero**

Ana Bugueiro Domingo

ESCUELA DE DOCTORADO INTERNACIONAL DE LA UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE  
COMPOSTELA

PROGRAMA DE DOCTORADO EN INVESTIGACIÓN BÁSICA Y APLICADA EN CIENCIAS  
VETERINARIAS



LUGO

AÑO 2021



## DECLARACIÓN DE LA AUTORA DE LA TESIS

Dña.: **Ana Bogueiro Domingo**

Título de la tesis: **Valoración del bienestar animal y su importancia sobre el rendimiento productivo en explotaciones de vacuno lechero.**

Presento mi tesis, siguiendo el procedimiento apropiado al Reglamento y declaro que:

- 1) La tesis abarca los resultados de elaboración de mi trabajo.
- 2) De ser el caso, en la tesis se hacen referencias a las colaboraciones que tuvo este trabajo.
- 3) Confirmando que la tesis no incurre en ningún tipo de plagio de otros autores ni de trabajos presentados por mí para la obtención de otros títulos.
- 4) La tesis es la versión definitiva presentada para su defensa y coincide la versión impresa con la presentada en formato electrónico.
- 5) Que no tengo ningún conflicto de interés en relación con la tesis doctoral.

Y me comprometo a presentar el Compromiso Documental de Supervisión en el caso de que el original no esté depositado en la Escuela.

En Lugo, 28 de julio de 2021

Fdo.: Ana Bogueiro Domingo





## **AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR / TUTOR DE LA TESIS**

### **“Valoración del bienestar animal y su importancia sobre el rendimiento productivo en explotaciones de vacuno lechero”**

D. Francisco Javier Diéguez Casalta y D. Ramiro Antonio Fouz Dopacio

INFORMAN:

Que la presente tesis, se corresponde con el trabajo realizado por D<sup>a</sup>. Ana Bugueiro Domingo, bajo mi dirección/tutorización, y autorizo su presentación, considerando que reúne los requisitos exigidos en el Reglamento de Estudios de Doctorado de la USC, y que como director de esta no incurre en las causas de abstención establecidas en la Ley 40/2015.

De acuerdo con lo indicado en el Reglamento de Estudios de Doctorado, declara también que la presente tesis doctoral es idónea para ser defendida en base a la modalidad de COMPENDIO DE PUBLICACIONES, en los que la participación de la doctoranda fue decisiva para su elaboración y las publicaciones se ajustan al Plan de Investigación.



En Lugo, 29 de julio de 2021

Fdo.: Francisco Javier Diéguez Casalta  
Ramiro Antonio Fouz Dopacio



## DECLARACIÓN RESPONSABLE AUTORA TESIS DOCTORAL POR COMPENDIO DE PUBLICACIONES

Dña.: Ana Bogueiro Domingo

Título de la tesis: Valoración del bienestar animal y su importancia sobre el rendimiento productivo en explotaciones de vacuno lechero.

MANIFIESTA QUE:

Presento mi tesis bajo la modalidad de compendio de publicaciones en las que soy coautora.

DECLARA RESPONSABLEMENTE:

Que la utilización de estas publicaciones/artículos cumple con los requisitos establecidos en el artículo 37.2c) del Reglamento de Estudios de Doctorado de la USC.



En Lugo, 29 de julio de 2021

Fdo.: Ana Bogueiro Domingo

## LISTA DE PUBLICACIONES E ÍNDICES DE CALIDAD

- 1 Study on the major welfare problems of dairy cows from the Galicia region (NW Spain). Bugueiro, A., Pedreira, J., Diéguez, F.J. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology* (2018) 6, 84-89 doi: [10.31893/2318-1265jabb.v6n3p84-89](https://doi.org/10.31893/2318-1265jabb.v6n3p84-89)  
(ISSN 23181265)  
2019 Journal Impact Factor: 1.240  
2019 Percentile Rank in Category Animal Science and Zoology: 33%  
2019 Percentile Rank in Atmospheric science: 21%  
2019 Percentile Rank in Category Ecology: 34%
  
- 2 Associations between On-farm Welfare, Milk Production, and Reproductive Performance in Dairy Herds in Northwestern Spain. Bugueiro, A., Fouz, R., Diéguez, F.J. *Journal of Applied Animal Welfare Science* (2021) 24, 1, 29-38, doi: [10.1080/10888705.2020.1750016](https://doi.org/10.1080/10888705.2020.1750016)  
(ISSN 10888705, 15327604)  
2020 Journal Impact Factor: 1.440  
2020 Percentile Rank in Category Animal Science and Zoology: 60%  
2020 Percentile Rank in Category Veterinary (miscellaneous): 74%
  
- 3 Robot milking and relationship with culling rate in dairy cows. Bugueiro, A., Fouz, R., Camino, F., Yus, E., Diéguez, F.J. *Animal* (2019) 13, 6, 1304-1310. doi: [10.1017/S1751731118002896](https://doi.org/10.1017/S1751731118002896)  
(ISSN 17517311, 1751732X)  
2020 Journal Impact Factor: 3.240  
2020 Percentile Rank in Category Animal Science and Zoology: 92%



## Agradecimientos

Son muchas las personas a las que me gustaría agradecer esta tesis, ha sido un trabajo largo pero que no se podría haber llevado a cabo sin la confianza que depositaron en mí mis directores de tesis Javier Diéguez y Ramiro Fouz, os estaré agradecida por siempre, pero también gracias por darme tantos conocimientos y apoyarme en realizar una tesis en una temática que representa tanto para mis valores y profesión.

También muchas gracias a Eduardo Yus, que aunque no haya dirigido esta tesis siempre ha seguido su evolución desde muy cerca con mucho entusiasmo y me ha apoyado en toda la etapa. Gracias, profesor.

También se merece un agradecimiento muy especial, Tania Ferreira, porque me enseñó todo en laboratorio en el grupo de investigación y ha sido una gran compañera de trabajo. También me gustaría agradecer a mis directoras durante la estancia Steffi Lürzel y Susanne Waiblinger que me enseñaron tanto en comportamiento de la vaca y en especial a mis compañeras del "equipo A": Annika Lange y Anna Juffinger con las que compartí tantas emociones viajando por las granjas en Austria y me cuidaron tanto durante mi estancia en Viena. Fui muy feliz al encontrar un equipo tan diverso en el Institut für Tierschutzwissenschaften und Tierhaltung. Y ya por último de este equipo tan bonito, a Maciej Oczak que me enseñó mucho en programas de análisis de datos.

A Christoff Winckler y Christine Leeb del BOKU porque siempre se mostraron muy optimistas con mi trabajo y me ayudaron a formarme en el protocolo Welfare Quality.

A mis compañeros Diego Vázquez, Lorena Pulleiro y Tamara Villar por su amistad y largas conversaciones de vacas y animales que aún nos damos a día de hoy.

A Isa Haberer también veterinaria y la mejor ayudándome a escribir técnicamente en inglés y a Bronco Springfield y Nate Tabor por su paciencia infinita en ayudarme a hablar mejor este idioma cada día.

A mis compañeros y compañeras de doctorado de la Facultad de Lugo, y en especial al "club del tupper" que

siempre hizo y hará mucho más agradables los descansos por la facultad.

A mis compañeros y compañeras de Digitanimal estos últimos años, dónde me he dado cuenta de lo útil que es la colaboración multidisciplinar en Veterinaria. En especial a Jorge y Verónica.

Al equipo de Seragro S.C.G. por dejarme la huella de mi primera experiencia "de verdad" en vacuno y por hacer que la dureza del trabajo en primera línea fuese tan llevadero.

A todos y todas los ganaderos y ganaderas que dejaron allá por 2014 que me pusiese a observar sus vacas, sin dudar de lo que estaba haciendo, cuando muy pocos analizaban el bienestar de esta manera en sus granjas.

También a todos/as los técnicos y técnicas de Africor Lugo, por su incalculable ayuda a la hora de facilitar datos para esta tesis.

A toda mi bonita familia: mi padre, mi madre, mis hermanos y hermanas, porque cada uno ha aportado diferentes cualidades a mi personalidad de hoy en día y ha hecho que haya podido abarcar todo lo que me he propuesto hasta ahora. Gracias "calatorao". Un especial gracias a mi hermana Pepa por su incondicional ayuda, sin ella el diseño de esta tesis habría sido mucho más pobre.

A mis amigos y amigas de tantos sitios, porque están siempre ya sea que viva cerca o lejos. Entre ellos a mis vecinas en Madrid: Tania Maté, Jacob Azulay y Javier Sánchez por apoyarme en este último año tan extraño, por cuidarme tanto y ayudarme a desconectar cuando era necesario. Posiblemente sin esos momentos, no habría sido capaz de acabar esta tesis.

Por último, esta tesis me gustaría dedicársela a la memoria de mi tía Consuelo, porque fue la mayor amante de los animales que he conocido y la mujer del rural que posiblemente marcó mi devoción por el campo gallego.



## Resumen

Europa es líder en la mejora del bienestar animal en la cadena de valor y por ello en los últimos años la trazabilidad se ha mejorado a este efecto. Así es que, la industria láctea ha desarrollado varios programas para evaluar el bienestar animal en granja y trabaja cada día en mejorar este aspecto. En esta tesis se estudia el sistema de evaluación del bienestar animal en vacuno lechero elaborado por el proyecto Welfare Quality® y se relaciona con los niveles productivos y reproductivos de las ganaderías gallegas. Para ello se describe el grado de bienestar animal en 37 granjas escogidas aleatoriamente, agrupando los resultados en cuatro principios de bienestar animal: buena alimentación, buena salud, entorno adecuado, y comportamiento adecuado. Los resultados obtenidos de acuerdo con el protocolo Welfare Quality® fueron que el 94,6% (86,5%-100%) de las granjas se clasificaron como aceptable, el 2,7% (0-8,2%) como buena y el 2,7% (0-8,2%) restante como no clasificadas.

Esta misma clasificación de bienestar se relacionó con la producción lechera y el rendimiento reproductivo en 31 granjas de estabulación libre anteriormente valoradas. Para este propósito, se aplicaron regresiones lineares para analizar las asociaciones entre los criterios y principios de bienestar con la producción corregida a 305 días y el intervalo parto-concepción. Los resultados indicaron que la producción lechera se relacionó con el criterio de ausencia de hambre prolongada y el principio de buena alimentación (con un incremento de 22,33 kg de leche por unidad de puntuación para el criterio; y un incremento de 26,49 kg de leche por unidad para el principio). En cambio para la relación con el intervalo parto-concepción, cuando el modelo se incrementa 10 unidades para los criterios de ausencia de dolor en procedimientos de manejo, expresión de comportamiento social y ausencia de lesiones; se asociaron a una reducción de 1,77; 0,8, y 0,29 días respectivamente. También se produce una mejora de este intervalo de 1,08 y 0,53 días por cada 10 unidades de incremento si los principios de buena salud y comportamiento adecuado.

Por otra parte, se analizó el efecto que el cambio de una sala de ordeño a un sistema automático de ordeño produce en el manejo de descartes en 23 ganaderías de Galicia monitoreadas durante 5 años. Con este estudio se demostró que el riesgo de descarte por muerte o sacrificio urgente descendió significativamente tras la instalación del robot de ordeño, pero lo contrario ocurre con el resto de los descartes por otras causas (bajada en la producción, infertilidad, problemas de ubre o cojeras) que se incrementaron significativamente. Se comprueba que las vacas menos productivas, como las que tienen mala fertilidad o las vacas lesionadas por cojeras o enfermas con mamitis, son más difíciles de mantener para amortizar la instalación del sistema automático de ordeño, y por tanto, tendrán más posibilidades de ser descartadas tras el cambio.

Estos resultados permiten relacionar los datos productivos y de manejo en la ganadería con el bienestar animal que pueden ser utilizados en el futuro para mejorar las evaluaciones de bienestar animal en granja.

## Resumo

Europa é líder na mellora do benestar animal na cadea de valor, razón pola cal nos últimos anos estase a mellorar a trazabilidade a este efecto. Tanto é así que a industria leiteira desenvolve varios programas para avaliar o benestar animal na granxa.

Nesta tese estúdase o sistema de avaliación de benestar animal en vacún leiteiro elaborado polo proxecto Welfare Quality<sup>®</sup>, ao mesmo tempo que o relaciona cos niveis produtivos e reprodutivos das gandarías galegas. Para isto, descríbese o grado de benestar en 37 granxas de vacún escollidas aleatoriamente, agrupando os resultados en catro principios de benestar animal: boa alimentación, boa saúde, entorno axeitado e comportamento axeitado. Os resultados obtidos de acordo co protocolo Welfare Quality<sup>®</sup> foron que o 96,6% (86,5%-100%) das granxas clasificáronse como aceptable, o 2,7% (0-8,2%) como boas e o 2,7% (0-8,2%) restante como non clasificadas.

Esta mesma clasificación de benestar relacionouse coa produción leiteira e o rendemento reprodutivo en 31 das granxas de estabulación libre anteriormente valoradas. Para isto, aplicáronse regresións lineais para analizar as asociacións entre os criterios e principios de benestar coa produción corrixida a 305 días e o intervalo parto-concepción. Os resultados indicaron que a produción leiteira relaciónase co criterio de ausencia de fame prolongada, e o principio de boa alimentación (onde se obtivo un incremento de 22,33 kg de leite por unidade de puntuación para o criterio; e un incremento de 26,49 kg de leite por unidade no principio). Pola contra, para a relación co intervalo parto-concepción, cando o modelo se incrementa en 10 unidades para os criterios de ausencia de dor en procedementos de manexo, expresión de comportamento social e ausencia de lesións, asóciase a unha redución de 1,77; 0,8 e 0,29 días respectivamente no intervalo parto-concepción. Tamén se produce unha mellora de 1,08 e 0,53 días por cada incremento de 10 unidades nos principios de boa saúde e comportamento axeitado.

Por outra banda, analizouse o efecto que ten o cambio de sala de muxido convencional a un sistema de muxido automático, no manexo de descartes en 23 granxas monitoreadas durante 5 anos. Con este estudo demostrouse que o risco de desbote aumenta por morte ou sacrificio urxente descendeu significativamente trala instalación do robot de muxido, ao contrario de que ocorre co resto de desbotes por outras causas (baixada na produción, infertilidade, problemas de ubre ou coxeiras) que se viron incrementados significativamente. Compróbase que as vacas menos produtivas, como as que teñen mala fertilidade ou vacas con lesións, coxas ou enfermas con mamites, serán máis difíciles de manter para amortizar a instalación do sistema de muxido automático, e por tanto terán máis posibilidades de ser desbotadas tralo cambio.

Estes resultados permiten relacionar os datos produtivos e de manexo na gandería co benestar animal que poden ser utilizados no futuro para mellorar as avaliacións de benestar animal na granxa.

## Abstract

Europe is leader in improving value chain towards a better animal welfare traceability. Nowadays the industry is looking is developing many programs for the animal welfare assessment.

The aim of this thesis is to study the relation between animal welfare in dairy cattle to productive and reproductive performance in North Western Spain. For this purpose, 37 dairy farms were randomly selected. The on-farm welfare was evaluated according to Welfare Quality® guidelines, grouping the results at 4 principle level: good feeding, good housing, good health and appropriate behaviour. Overall, according to the Welfare Quality® protocol 94.6% (86.5%-100%) farms were classified as acceptable, 2.7% (0-8.2%) as enhanced and 2.7% (0-8.2%) not classified.

To evaluate the relationship between on-farm welfare, milk production, and reproductive performance in dairy herds in north-western Spain. Data on the welfare status from 31 herds were collected using the Welfare Quality® protocol. Linear regression was applied to assess associations between Welfare Quality® criteria/principle scores on farm average 305-day milk production and calving to conception interval. Results indicated that milk production was associated with the absence of prolonged hunger criterion (average increase of 22.33 kg per unit score). Each one unit increase in the score for good feeding was also associated with a 26.49 kg increase in milk production. A10 unit increase in the scores for the absence of pain (by management procedures), expression of social behaviours, and absence of injuries was associated with reductions in conception-calving interval by 1.77, 0.8, and 0.29 days. conception-calving interval also decreased by 1.08 and 0.53 days when the principles of good health and appropriate behaviour increased by 10 units.

For last, the study includes the analysis of the effect that switching from milking parlour to automatic milking system had on the culling rate (due to various causes) of dairy cattle. For this purpose, culling records and causes for culling were tracked in 23 dairy farms in the Galicia region (NW Spain). The animals in these farms were monitored for 5 years. The data indicated that the risk of loss due to death or emergency slaughter decreased significantly following the installation of the milking robot. In contrast, the risk of culling due to low production, udder problems, infertility or lameness increased significantly. Low-production cows (such as cows in advanced lactation due to infertility) or sick cows (such as mastitic or lame cows) allegedly have a noticeable effect both on the performance and the amortization of the cost of automatic milking system, which in turn would lead to a higher probability of elimination than in conventional systems.

These results study different productive data for dairy milk with animal welfare, that can be useful for improving future animal welfare assessment

<i>Resumen</i>	9
<i>Resumo</i>	10
<i>Abstract</i>	11
<i>Índice</i>	12
<i>Ácrónimos</i>	14
<b>1. Introducción: la importancia del bienestar animal</b>	<b>15</b>
1.1. Definición del bienestar animal	15
1.2. Historia y nuevas perspectivas en bienestar animal	17
1.3. Evaluación del bienestar animal	20
1.3.1. Protocolos de evaluación del bienestar animal	22
1.3.2. La incorporación de nuevas tecnologías a la evaluación del bienestar animal.	31
1.4. El bienestar del vacuno lechero y la legislación en la Unión Europea.	36
1.5. El bienestar en el vacuno y su relación con la producción	38
1.6. Como afecta el bienestar al manejo de una granja.	40
1.7. Justificación del tema y perfil de la tesis	44
<b>2. Objetivos</b>	<b>45</b>
<b>3. Material y métodos</b>	<b>46</b>
3.1. Área de actuación y población estudiada	46
3.2. Colección de datos y metodología	47
3.2.1. Capítulo 1. Study on the major welfare problems of dairy cows from the Galicia region (NW Spain)	48
3.2.2. Capítulo 2. Associations between on farm welfare, milk production, and reproductive performance in dairy herds in Northwestern Spain.	56
3.2.3. Capítulo 3. Robot milking and relationship with culling rate in dairy cows.	57
3.3. Análisis estadístico	58
3.3.1. Capítulo 1. Study on the major welfare problems of dairy cows from the Galicia region (NW Spain)	58
3.3.2. Capítulo 2. Associations between on farm welfare, milk production, and reproductive performance in dairy herds in Northwestern Spain.	61
3.3.3. Capítulo 3. Robot milking and relationship with culling rate in dairy cows.	62
<b>4. Resultados</b>	<b>65</b>
4.1. Capítulo 1: Study on the major welfare problems of dairy cows from the Galicia region (NW Spain).	65
4.2. Capítulo 2: Associations between on-farm welfare, milk production, and reproductive performance in dairy herds in north-western Spain	69
4.3. Capítulo 3: Robot milking and effect on mortality rates in dairy cows from the Galicia region (NW Spain)	73

5. <i>Discusión</i>	76
5.1. Capítulo 1: Study on the major welfare problems of dairy cows from the Galicia region (NW Spain).	78
5.2. Capítulo 2: Associations between on-farm welfare, milk production, and reproductive performance in dairy herds in north-western Spain	82
5.3. Capítulo 3: Robot milking and effect on mortality rates in dairy cows from the Galicia region (NW Spain)	85
6. <i>Conclusions</i>	89
<i>Lista de figuras</i>	90
<i>Lista de tablas</i>	91
<i>Referencias</i>	93
<i>Anexos</i>	111
Capítulo 1. Study on the major welfare problems of dairy cows from the Galicia region (NW Spain).	112
Capítulo 2. Associations between on-farm welfare, milk production, and reproductive performance in dairy herds in north-western Spain	119
Capítulo 3. Robot milking and effect on mortality rates in dairy cows from the Galicia region (NW Spain)	130

## Ácrónimos

WQ	Welfare Quality®
UE	Unión Europea
QBA	Evaluación del comportamiento cualitativo (del inglés <i>Quality behaviour assessment</i> )
AMS	Sistema automático de ordeño (del inglés <i>Automatic milking system</i> )
PLF	Ganadería de precisión (del inglés <i>Precision livestock systems</i> )
IoT	Internet de las cosas (del inglés <i>Internet of Things</i> )
EFSA	Agencia europea de seguridad alimentaria (del inglés <i>European Food safety Agency</i> )
FAWC	Farm Animal Welfare Commitee
BWAP	Bristol Welfea Asssurance Programme
DW	Test Durbin-Watson
KS	Test Kolomogorov-Smirkov
VIF	Factor de inflación de la Varianza
DEL	Días en leche
IPC	Intervalo parto concepción
305-d	305 días
VIF	Factor de inflación de la varianza por sus siglas en inglés ( <i>variance inflation factor</i> )

# 1. Introducción: la importancia del bienestar animal

## 1.1. Definición del bienestar animal

Se ha descrito en varias ocasiones que, el bienestar animal, fue un término que adoptó la sociedad para expresar sus preocupaciones morales acerca de calidad de vida de los animales y en particular de los animales de producción (Tennembaum, 1991; Duncan y Fraser, 1997; Fraser, 1995; Fraser y Weary, 2004). Sin embargo, para entender mejor el concepto de bienestar animal, debemos situarnos a mediados del siglo XX. Es en este tiempo, cuando la industrialización comienza en el sector agro-ganadero y la opinión pública, concienciada por la publicación del libro “Animal machines” (Harrison, 1964), presiona para que los gobiernos regulen el bienestar animal en las ganaderías. Su estilo narrativo llegó a todo el pueblo británico de una forma tan potente, que el gobierno se vio forzado a crear una comisión de investigación para los sistemas intensivos en todo el Reino Unido. El denominado comité Brambell recomienda en 1965, como debe ser la evaluación y diseño de los aspectos técnicos del bienestar. Es en este tiempo cuando se hace distinción por primera vez entre protección animal (lo que podemos hacer a los animales) y bienestar animal (prueba de que el animal tiene su propia experiencia ante una situación) (Blockhuis *et al.*, 2013). Es a partir de aquí que se empieza a utilizar el término bienestar, sin que ello denote crueldad animal. Anteriormente se hablaba de crueldad animal pero este término implicaría que el ganadero es responsable y deliberadamente produce sufrimiento a los animales (Woods, 2012). La palabra bienestar, sin embargo, se relaciona con la capacidad de prosperar, crecer y producir.

Dada la idiosincrasia del término, es importante subrayar las diferentes visiones que se le ha dado al concepto de bienestar animal, no solamente porque ha surgido de un dilema moral del ser humano, sino porque se trata de un concepto multidimensional. Como hemos mencionado, el libro “Animal machines” de Ruth Harrison, tuvo un gran impacto en la sociedad porque fue la primera crítica a gran escala de los sistemas intensivos de producción. Tanto ella como otros filósofos posteriores, como Peter Singer y su libro “Liberación animal” (Singer, 1975) enlazan el bienestar del animal con sentimientos y emociones (lo que en un término técnico definimos como estados afectivos). El bienestar no solo abarca proteger el estado afectivo del animal si no que, además, debe incluir la posibilidad de que tengan una vida acorde a como la tendrían en su entorno natural y que tengan salud y buen funcionamiento biológico (Fraser, 2008) (figura 1).

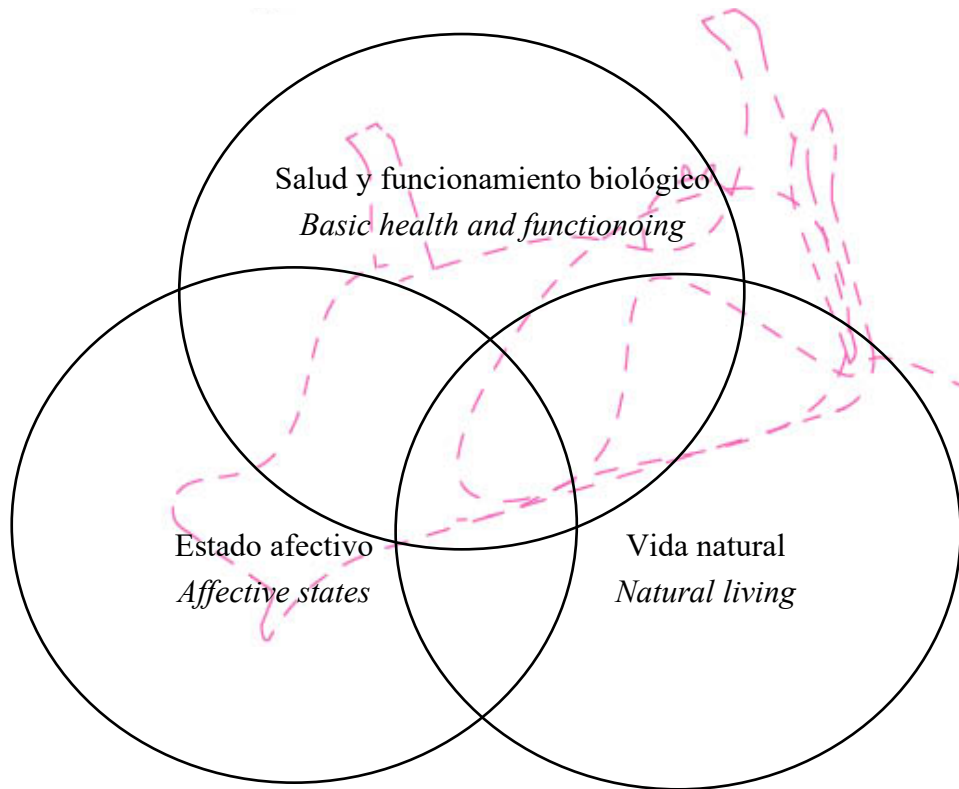



Figura 1. Los tres conceptos del bienestar animal desde la perspectiva de Fraser D. adaptado de Appleby M. y Lund V. (Fraser, 2008).

Fraser (2008), en esa misma ponencia, subrayaba que, aunque esos tres componentes no se sobreponen, la búsqueda individual de uno de esos criterios no garantizan un buen nivel de bienestar si no son juzgados desde los otros dos. Es por ello que la definición de bienestar animal incorpora otras apreciaciones, con las que se tiene en cuenta que es una característica propia del animal y no algo dado por el ser humano (Broom, 2006). Científicamente, se puede definir el bienestar animal como el estado medible de un individuo en relación con su ambiente (Hughes, 1976; Broom, 1986, Broom 1996, Duncan 1993). Aunque hay otras definiciones, igualmente válidas, que además tienen en cuenta factores como salud, felicidad, longevidad y calidad de vida (Tannenbaum, 1991; Fraiser, 1995, Appleby, 1997). La Organización Mundial de Salud Animal describe que un animal está en buen estado de bienestar si está sano, cómodo, bien nutrido, a salvo, es capaz de expresar su comportamiento innato y si no sufre estados desagradables como dolor, miedo y ansiedad (OIE, 2012). Por todo ello se llega a la conclusión de que, el buen bienestar animal, requiere el control de varios aspectos como: la prevención y tratamiento de enfermedades, el alojamiento apropiado, su nutrición, y su buen manejo durante su sacrificio (OIE, 2015).

Más allá, el bienestar animal es una cuestión multidisciplinar que implica que se involucren decisiones políticas, éticas, científicas y económicas, y afrontar esta cuestión requiere un enfoque integrado de muchas disciplinas (Lund, 2006). Al ser un concepto holístico, abarca tanto la vida del animal como las actitudes de la sociedad (Ohly Van derStaay, 2012) y es por ello, por lo que, el concepto evoluciona con ella. Hoy en día no se consideran aceptables términos de sufrimiento animal que se permitían hace años. Fraser (2009), preocupado por la deriva del término, describió que el completo bienestar pueda incluir estados afectivos, salud y habilidad para vivir en su contexto natural, aunque a veces se contradicen mutuamente. Por ejemplo, una vaca viviendo en libertad, tendrá más posibilidades de interacciones naturales, que una que vive estabulada y en lo relacionado con su comportamiento o estados afectivos estará más compensada, pero la vaca viviendo en libertad, a su vez tiene más posibilidades de contraer enfermedades por transmisión de otras especies que una estabulada, con lo que perjudica su salud. Esto lleva a contraposiciones en el campo de la veterinaria, por ejemplo, en el caso de la cría de terneros de leche, un veterinario etólogo apostará mantener los terneros con contacto, ya que el comportamiento en los primeros días de vida es lo que más le preocupa para su buen funcionamiento, pero un veterinario clínico los mantendrá separados, para que no haya problemas con enfermedades infecciosas tan frecuentes en esta etapa de la vida del animal. Los dos veterinarios tienen argumentos que tratan de aumentar el bienestar, el primero en términos de estado afectivo y el segundo en la protección de su salud. Por ello determinar lo que es más importante para el animal y encontrar el equilibrio se hace indispensable para un enfoque holístico de su salud y bienestar. Todo el debate que se genera con la revolución industrial y los sistemas de cría animal intensivos que se ha mencionado al principio, necesita una respuesta científica para el estudio del bienestar animal, pero solo la selección de todos esos criterios hace posible el estudio racional del mismo. No olvidemos, que el estudio de bienestar animal es puramente científico, pero esta ciencia está influenciada por los valores que como sociedad tenemos que imponer y así, poder permitir a los animales tener una buena vida (Fraser, 2008). De aquí surge un debate interesante sobre como la ciencia puede contribuir a conceptos éticos o políticos. Sin embargo, la tensión entre la visión ética y científica no parece resuelta, y la cuestión de cómo se puede producir con animales seguirá siendo un gran problema político (Woods, 2012).

## 1.2. Historia y nuevas perspectivas en bienestar animal

 La ética e historia en cuanto al trato de los animales se remonta a los tiempos de Pitágoras (570-496 a.C.), que por su creencia en la reencarnación les daba valor a los animales. Incluso, anteriormente, Aristóteles (384-322 a. C.) hacía diferencias entre hombre y animales por grado, dándoles semejanzas en los sistemas de padecimiento del dolor. Opuestamente a estas ideas y con el fin de la edad media, aparece de la mano de Descartes (1600-1650) la idea de que los

animales son meras máquinas autómatas, que carecen de alma y pensamiento, lo que encaja con sus ideas mecanicistas. Por supuesto, posteriormente varios filósofos contra-argumentan el pensamiento de Descartes. Entre ellos Locke (1632 – 1704) que en 1693 con la publicación de “*Some thoughts concerning education*”, argumenta que la crueldad con los animales tendrá efectos negativos sobre la evolución ética de los niños. Arthur Schopenhauer (1788-1860), adelantado a su tiempo, avanza el concepto de que el ser humano no es más que un animal. Semejante declaración en la época es comprensible si recordamos que Schopenhauer era declarado como ateo y no tenía afiliación religiosa, cuyo pensamiento influirá a Charles Darwin (1809-1882), quien, a su vez establecerá la similitud entre el sistema de dolor de un animal y un humano, siendo considerado un avance básico para toda la ciencia animal y por supuesto también para el bienestar animal.

Posteriormente, surgen las primeras teorías sobre derecho animal, cuando Jeremy Bentham (1748-1831) argumentaba por qué los animales deben ser protegidos por la ley. En 1823 la cuestión ya no es ¿Pueden los animales razonar, pueden hablar?; sino que es: ¿pueden sufrir? Tras muchas otras teorías y pensadores, no es hasta 1977-1978 que la Liga Internacional de los Derechos del Animal proclama la Declaración Universal de los Derechos del Animal, aprobada por la UNESCO y la ONU.

El concepto de bienestar animal como ciencia, como un concepto con enfoques puramente medibles y unos objetivos que permiten entender las necesidades de los animales, no llega hasta el comité Brambell, que es el momento en que se dan las primeras directrices para que el bienestar animal se pueda medir y poder considerarlo ciencia. No por ello, los derechos de los animales o la ética animal deben obviarse de este concepto, pues como dijeron Gregory y Grandin (1998), para poder valorar el bienestar animal, es necesario conocer antes cómo sufren los animales, sus miedos y los agentes estresantes.

Ya de forma más reciente se ha conseguido que el concepto del bienestar no genere debate en la sociedad, no teniendo que argumentarlo cada vez que se menciona, y siendo avalado por la ciencia con multitud de investigaciones científicas y una especialidad en la veterinaria de la mano de los colegios europeos, americanos y australianos.

Sin embargo, nuevas corrientes, incluso han incluido un término más holístico que trata en conjunto el bienestar animal con el entorno sin dejar de lado al bienestar humano. Así es como la Asociación Médica Americana (AMA) y la Asociación Americana de Médicos Veterinarios (AVMA) ajustaron el concepto de salud humana a la salud animal, desarrollando el concepto de Una Salud (del inglés One Health); ocurre lo mismo con el bienestar animal, en este caso interconectando los conceptos del bienestar humano, el animal y el medio ambiente (Colonius y Early 2013, Pinillos et al., 2016, Broom 2017). De esta manera el concepto de “un bienestar” puede representar de una manera holística el análisis de qué facetas del bienestar animal benefician el bienestar humano y el medio ambiente como se muestra en la figura 2.

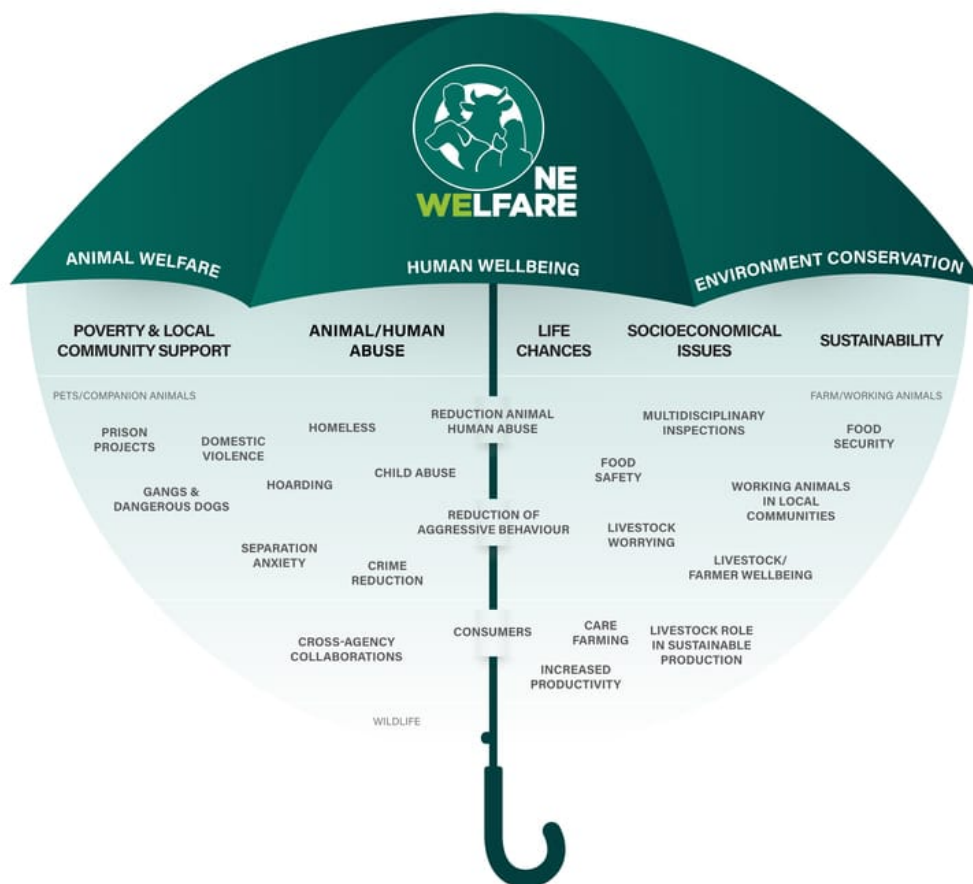


Figura 2. Esquema basado en el movimiento Una Salud adaptado a “un bienestar” referenciado en (Pinillos,2016). Permitido por ONE WELFARE C. I. C. © 2021.

El origen es que, a pesar de que en el concepto de “Una Salud” se mencionan aspectos del bienestar animal, estos solo atañen a los aspectos médicos o de enfermedades y no se dirige específicamente a los vínculos directos-indirectos entre el bienestar animal (Pinillos et al., 2016). Tanto salud como bienestar son conceptos que se aplican en el ámbito animal como en el humano, pero la significación es distinta dependiendo de si estamos hablando de humanos o animales, lo cual como se explica en los compendios de “Una salud”, en términos de transmisión de enfermedades es un error, pues la enfermedad afecta a todos por igual. Un ejemplo de ello es el simple término de zoonosis. Existe la palabra zoonosis para describir la patogenicidad cuando se transfiere una enfermedad de una especie animal a la especie humana y en cambio no existe el concepto para definir cuando algún microorganismo se hace patógeno procedente de una especie animal a otra. En el caso de la gripe, el concepto zoonosis se aplica cuando el virus influenza N1H1, propio de la especie porcina, afecta al ser humano, pero no se

aplica cuando una mutación del virus porcino permite que hospede también aves. Pero el concepto de “un bienestar” no solo requiere adecuar el lenguaje médico y dejar de focalizarlo en la especie humana, sino que hay varios ejemplos de porqué se justifica este nuevo concepto. Se sabe que el impacto que el estrés y el pobre bienestar animal tienen sobre la incidencia y la virulencia de una serie de enfermedades zoonóticas, existiendo evidencias de que la mejora del bienestar animal en los animales de producción, resulta en una mejora de la seguridad alimentaria (Pinillos, 2016). Para explicarlo de un modo simplificado, cuando el bienestar de un individuo humano o no humano es pobre, se incrementa la posibilidad de que pueda padecer nuevas enfermedades. Esto conlleva a que la mejora del bienestar animal incida en la prevención enfermedades y por tanto reduzca la necesidad de usar antibióticos. De ahí que haya que tratar de correlacionar los dos conceptos, dado que en ambos casos la enfermedad produce un conflicto en el bienestar animal o humano. En definitiva, el cuidado de las personas y el cuidado de los animales es generalmente mejor cuando se consideran simplemente individuos (Broom, 2018).

### 1.3. Evaluación del bienestar animal

Para asegurar la credibilidad del consumidor es esencial armonizar la evaluación del bienestar animal. Más allá de eso, y aunque la mejora del bienestar animal no significa solamente evaluarlo, el uso de un sistema de evaluación fiable es crucial para facilitar las mejoras del bienestar en animales de granja (Polten, 2007). Desafortunadamente, la misma complicación en la definición del bienestar en animales se traslada a su evaluación, pues para medir el bienestar es preferible usar distintos criterios simultáneamente, tanto fisiológicos como inmunológicos, o aquéllos relacionados con la salud, la reproducción, la productividad y el comportamiento (miedo, dolor, frustración) (Callejo-Ramos, 2009).

La evaluación del bienestar animal como se contempla hoy en día surge del comité Brambell, del *Farm Animal Welfare Council*. Es aquí la primera vez en la historia de las ciencias aplicadas a la medicina veterinaria que se describe conjuntamente el comportamiento y la salud animal desde el punto de vista del animal. El consenso científico se traduce en un conjunto de 5 principios útiles para conocer qué representa bienestar animal, que se definen en cinco libertades (FAWC, 1979):



Libres de hambre, sed y/o malnutrición. Total acceso a agua potable ininterrumpida y a una dieta equilibrada para mantener sus necesidades energéticas de producción.

- Entorno libre de molestias para el animal. Debe proveerse un entorno e instalaciones apropiadas cómodas y adaptadas a sus necesidades, incluyendo alojamiento y un área de descanso cómoda.

- Libres de dolor, heridas y enfermedad. Se relaciona con la disponibilidad de prevención, rápido diagnóstico y tratamiento inmediato de enfermedades.
- Libertad de expresar un comportamiento “natural” del animal. Entendiendo por natural que los animales puedan permanecer en un espacio adecuado y puedan desarrollar su carácter social con animales de su misma especie.
- Libres de miedo y angustia. El trato al animal debe ser tranquilo evitando sufrimiento mental al mismo

La novedad de las cinco libertades viene de que se escogió describirlas en términos de emociones. Esto es así para responder cómo se siente el animal cuando lo alimentamos, cuidamos y tratamos. En la práctica, se considera que la mayor fortaleza de las cinco libertades es que se pueden utilizar para describir indicadores de bienestar (Webster, 2016). La cuestión recae en como esas libertades son aplicadas a los animales y como los manejamos. El expresarlo como libertades, puede entenderse como objetivos idealizados, de los cuales habrá algunos que no se puedan alcanzar en la vida práctica de un animal (Green y Mellor, 2011). Cabe mencionar que debido a estas y otras razones surge en Nueva Zelanda, de la mano de Mellor y Reid (1994), una síntesis de las cinco libertades, en lo que se conoce como los Cinco dominios. Estos cinco dominios incluyen: nutrición, ambiente, salud, comportamiento y estado mental y se focalizan en áreas donde el bienestar puede verse comprometido. También en contraste con las cinco libertades, los cinco dominios hacen una clara distinción entre problemas físicos y funcionales, entre desórdenes metabólicos y nutricionales, ambientales, de salud y los dominios de comportamiento que suelen ser frecuentemente influenciados por experiencias subjetivas incluidas en el dominio mental (Mellor *et al.*, 1994; Mellor y Webster, 2014). Por ejemplo, la deshidratación o deficiencias energéticas que afectan al dominio nutricional se traducen en hambre o sed en el dominio mental. Asimismo, las alteraciones respiratorias o lesiones traumáticas en el dominio de salud, se traduce en falta de aire o dolor en el dominio mental. Este modelo se utiliza desde 1997 para la evaluación del bienestar en este país (Williams *et al.*, 2006). Hoy en día se ha ido actualizando y mejorando para la evaluación de los estados afectivos de los animales (Mellor *et al.*, 2020).

Los cinco dominios buscan evaluar el impacto del ambiente social o físico en el estado mental afectivo del animal sintiente, en cambio las cinco libertades, desde un enfoque mucho más simple, están basadas en fundamentos que no dependen del tiempo en el que son tomadas y no necesitan una reevaluación para identificar y promover el bienestar (Webster, 2016).

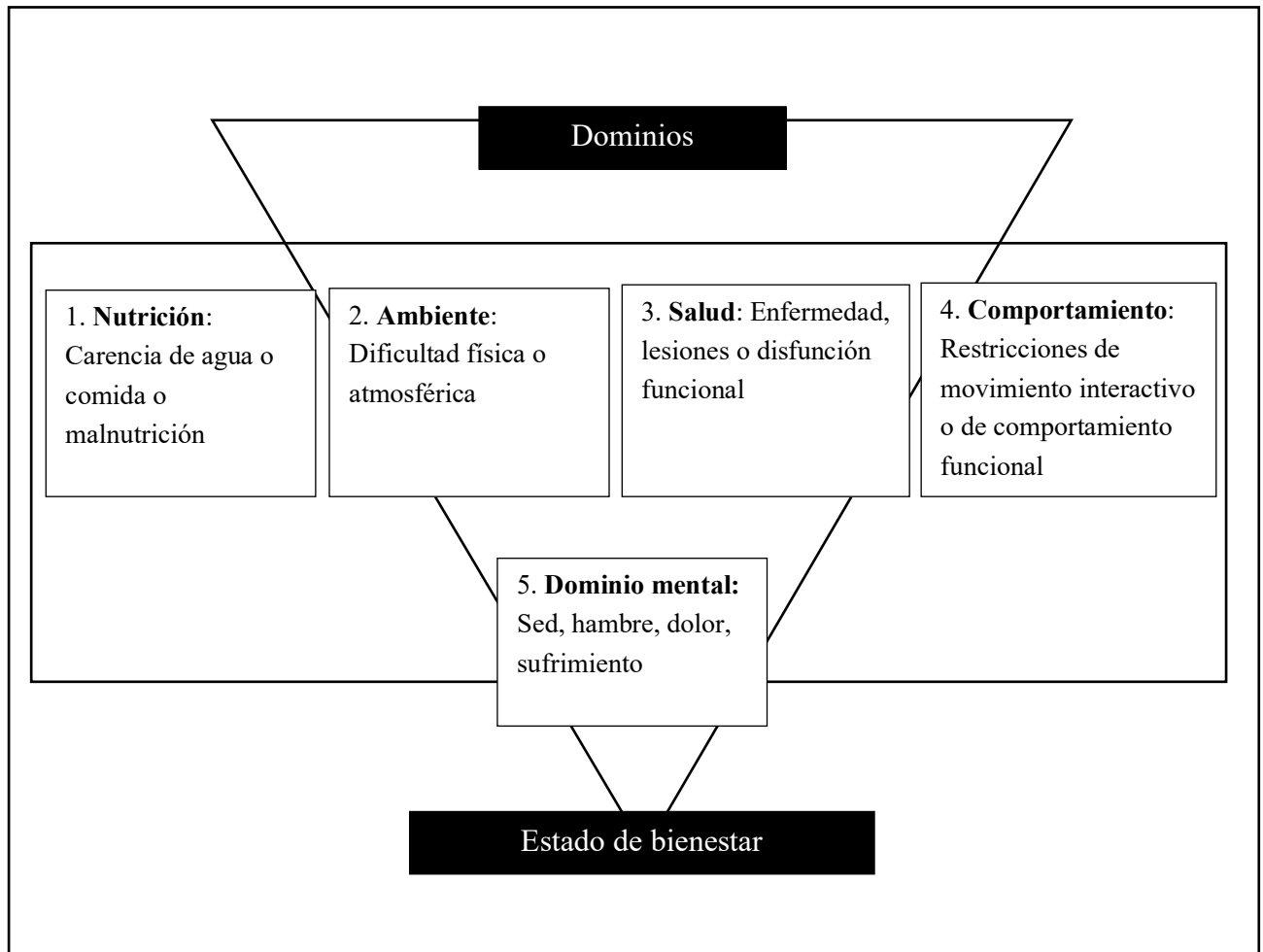


Figura 3. Esquema del modelo de los 5 dominios (Mellor et al., 1994)

A continuación, se explican algunos de los protocolos de bienestar animal más utilizados en los países con producción lechera y su estado actual de evaluación.

### 1.3.1. Protocolos de evaluación del bienestar animal

La industria del sector lechero ha desarrollado varios sistemas para evaluar el bienestar, sin embargo no hay un consenso global ni tampoco los protocolos son estándar para todos los países. Esto se debe a que se han creado cientos de protocolos distintos de forma independiente para cada país (Krueger et al., 2020). Todo ello a pesar de que estos protocolos siguen el mismo objetivo, el cual es, obtener una base de referencia en bienestar y garantizárselo al consumidor; la importancia de evaluar el bienestar es equitativa tanto para el ganadero como para el animal. Para el animal porque nos ayuda a anticiparnos y a hacer una detección temprana de las enfermedades, dolor o sufrimiento, mejorando su calidad de vida. Para la ganadería, porque nos ayuda a producir de una manera más eficiente, identificando problemas subclínicos, y detectando cuando el aprovechamiento de los recursos es inadecuado. Además, una evaluación

global permite hacer análisis comparativos con otras ganaderías similares e identificar mejor los puntos de mejora.

Existen varios protocolos que se van definiendo según distintos aspectos. Así, la evaluación del bienestar variará según el objetivo de certificación o control que se quiere dar, según el sistema de producción. Además puede utilizarse como una herramienta para ayudar al ganadero a identificar, prevenir o corregir algún problema en su ganadería (Johnsen et al., 2001).

Como ejemplos de los más representativos podemos considerar para EE.UU. el U.S. *National Dairy Farmers Assuring Responsible Management Program*<sup>TM</sup> (FARM), creado por la Federación Nacional de productores lecheros con la empresa Dairy Management, Inc. (DMI), que tiene como objetivo unificar la evaluación de la industria lechera estadounidense para mejorar el manejo y demostrar que las ganaderías cumplen unos requisitos de excelencia en el cuidado de sus animales (FARM, 2020). En Nueva Zelanda utilizan el *Code of Welfare: Dairy Cattle* que fue integrado por el Ministerio de Agricultura en 2019 para ayudar al ganadero de leche a entender los requerimientos en bienestar que les eran exigidos desde 1999 bajo el *National Animal Welfare Advisory Committee* (NAWAC). Estos requerimientos fomentan que se adopten los mayores estándares de bienestar en el cuidado del ganado y son de obligado cumplimiento (Nueva Zelanda, 2019). En Europa también disponemos de un protocolo conocido globalmente que se conoce como el proyecto Welfare Quality<sup>®</sup> (WQ). Este protocolo es en el que más profundizaremos dado que es el que se ha escogido para evaluar el bienestar en la presente tesis.

Para entender cómo se desarrolla una evaluación de bienestar animal, detallaremos a continuación tres puntos clave en su realización. Con ello entenderemos qué se mide, cómo se mide y cómo se evalúa.

### *Qué se mide*

Las medidas para evaluar el bienestar animal se pueden categorizar en dos, las basadas en el animal (del inglés “*animal-based*”) o las basadas en el ambiente (del inglés “*environmental-based*”), la Agencia Europea de Calidad alimentario recoge estas categorías para asentarlas como un modelo que se pueda utilizar para detectar riesgos (EFSA, 2012):

- Basadas en el animal: que incluyen tanto medidas y observaciones que se pueden tomar durante la evaluación ante o postmortem, como la condición corporal, muestras sanguíneas, o que se tomen de las anotaciones y registros que se lleven en la granja (p. ej. registro de enfermedades, crecimientos, genéticos), etc. Hoy en día estos registros deben incluir las medidas que se obtienen de la monitorización automática si la hubiese (p.ej. consumos de agua, detectado en básculas inteligentes)

- Basadas en el ambiente: Incluyen tanto las medidas basadas en los recursos como en el manejo, tanto recogidas por observación directa como obtenidas de los registros.
  - Basadas en los recursos: comederos y bebederos, así como espacio disponible, estado de los suelos y/o las camas, etc.
  - Basadas en el manejo: tiempos y frecuencia de ordeños, uso de anestésicos o analgésicos, estrategias de producción y reproducción, etc.

De esta manera, las medidas basadas en el animal se pueden tomar tanto individual como grupalmente y se detectarán diferentes medidas, como puede ser suciedad, heridas y lesiones. Estas medidas nos dan información también de cómo es el alojamiento, pues, por ejemplo si evaluamos una ganadería con déficit de limpieza, encontraremos animales más sucios, así como si encontramos muchos animales con heridas en el lomo o en isquiones, nos indicará que las medidas de las camas o su diseño no es el adecuado, ya que las vacas se están dañando al tumbarse. En cambio, para las medidas que no se toman en el animal (las que tomamos siguiendo las prácticas de manejo y los recursos o ambiente) se basarán en medidas de observaciones de las instalaciones, como por ejemplo medir la superficie de los bebederos, pero también tendremos que tomar medidas de la documentación que puede aportar la ganadería, como puede ser el Libro de registro, informes del veterinario nutrólogo, o informes reproductivos. En general, científicos especializados en bienestar animal, orientan su preferencia por medidas “*animal-based*” debido a que son más cercanos al bienestar real que puede mostrar un animal en el momento de evaluación y puede ser la única medida actual que se pueda tomar, a pesar de las instalaciones donde se crían (Whay et al., 2003).

Bajo esta categorización la EFSA (2012), concluye que las medidas “*animal-based*” se pueden utilizar para evaluar los problemas más urgentes de bienestar, mientras que “*resource-based*” y “*management-based*” detectarán el riesgo potencial para reducir el bienestar en el futuro y ayudar a identificar posibles riesgos. Por ello, es importante tomar ambos valores para un protocolo de evaluación del bienestar animal.

Las medidas basadas en el animal miden el estado actual del bienestar lo que incluye los efectos de varios factores. EFSA (2012) en su informe sobre el uso de las medidas basadas en el animal para evaluar el bienestar también concluye que este tipo de indicadores son los más apropiados para evaluar el bienestar animal de una manera válida y robusta. El uso de indicadores basados en el animal ha sido ampliamente estudiado, aunque la mayor iniciativa hasta ahora que ha priorizado el uso de este tipo de indicadores ha sido el proyecto WQ del que hablaremos en profundidad a continuación. En varias ocasiones las características esenciales de las medidas basadas en el animal son similares a las usadas en una prueba diagnóstica, aunque las pruebas estén relacionadas como consecuencias de enfermedades, los indicadores están relacionados con efectos del bienestar (EFSA, 2012). Así, como una prueba diagnóstica, la evaluación de bienestar tiene que tomar medidas apropiadas, y medirlo con precisión para poder

dar medidas fiables y repetibles, siempre teniendo en cuenta que la muestra que se tome sea suficientemente representativa a la población de estudio.

### *Cómo se mide*

El bienestar animal se mide por protocolos científicamente testados que se llevan a cabo por expertos. Dependiendo del tipo de medidas existen protocolos basados en las instalaciones o en el animal. Como la evaluación de medidas “*animal-based*” es compleja, no empiezan a surgir protocolos de evaluación basados en el animal, hasta la década de los 2000.

Antes de 2006, varios países de la UE tenían planes de control de salud e higiene en las granjas, pero no es hasta este año, en que la UE adopta un plan de acción comunitario para la protección del bienestar de los animales y se define la dirección a llevar para promocionar el bienestar y su investigación (Comisión Europea, 2006). Es por ello que, aunque las cinco libertades ya definían experiencias negativas para mejorar el bienestar animal, hace falta hacer medibles esos factores de cara a su certificación apareciendo en Europa dos proyectos muy interesantes, que utilizan las cinco libertades como base para promover la evaluación y mejora del bienestar animal en Europa. Por un lado, de la mano de Main *et al.* (2004) el Programa de Garantía en bienestar de Bristol (BWAP-*Bristol Welfare Assurance Programme*-) que se basa enteramente en las 5 libertades sin cambiar ninguna categoría y por otro lado el proyecto WQ resumiendo las 5 libertades en 4 principios ayudó a definir unos parámetros de evaluación más concretos y fiables. El principal objetivo del proyecto WQ fue desarrollar una evaluación en granja que se centrara principalmente en tomar medidas en el animal (*animal-based*) científicas y fiables (Blockhuis, 2003). Desde que terminó en 2009, no se ha dejado de trabajar en diseminar las novedades de su enfoque para medir y evaluar el bienestar, que permitan al consumidor información clara sobre las características de los alimentos en relación con los animales y cómo buscar estrategias prácticas que mejoren el bienestar. En España, fruto de este proyecto, se elaboró una certificación en bienestar animal gracias a la colaboración del IRTA y AENOR. En el proyecto WQ participaron 43 instituciones científicas y 15 países con un objetivo principal de la integración del bienestar animal en la cadena de calidad alimentaria, se asentaron las exigencias de los consumidores y las demandas del mercado, para desarrollar una monitorización de los sistemas agrarios, los productos informativos, y estrategias prácticas para cada especie animal. Como resultado final se obtuvieron protocolos de evaluación para las principales especies de producción porcino, avícola y vacuno (Blockhuis *et al.*, 2010).

El proyecto WQ resume en 4 principios indicadores del bienestar animal (Botreau *et al.*, 2007; Botreau *et al.*, 2009), que incluyen:

- Buena alimentación: Que los animales no sufran ni sed ni hambre.
- Buena salud: que los animales no sufran enfermedades, lesiones, ni dolor innecesario.

- Entorno adecuado: Que los animales dispongan de camas que les ofrezcan confort en el descanso, así como confort térmico y facilidad de movimientos
- Comportamiento apropiado: Expresión adecuada de los comportamientos sociales, buena relación humano-animal y estado emocional positivo.

Para realizar la observación de las medidas de bienestar lo ideal es que las evaluaciones las realicen expertos en ciencia animal, principalmente veterinarios, y que sean usuarios experimentados en el mismo. La evaluación posterior se realiza mediante el análisis de las medidas que se recogen descritas en la tabla 1. De todas estas medidas el 60% de todas ellas, son basadas en animal, siendo las que más tiempo consumen a la hora de realizar el protocolo (se estima que suponen el 90% del tiempo del protocolo) (Welfare Quality, 2009).

**Tabla 1. Principios, criterios y medidas que describe el protocolo de WQ para vacuno de leche. (Welfare Quality, 2009)**

Principio	Criterio	Medidas en granja
Buena alimentación	Ausencia de hambre prolongada	Condición corporal
	Ausencia de sed prolongada	Suministro de agua. Limpieza de bebederos. Flujo de agua, Funcionamiento de los bebederos
Entorno adecuado	Confort en el descanso	Tiempo necesario para el descanso. Uso de las camas. Golpes de los animales con el equipamiento al tumbarse. Animales tumbados total o parcialmente fuera del área de descanso. Limpieza de ubres, flancos y patas, alteraciones del tegumento.
	Confort térmico	No se han desarrollado todavía para vacuno lechero
	Libertad de movimientos	Presencia de inmovilización. Acceso a zonas de descanso exteriores o a pastos. Interacciones entre animales
Buena salud	Ausencia de lesiones	Cojeras. Alteraciones del tegumento.
	Ausencia de enfermedad	Tos. Secreción nasal. Secreción ocular. Dificultad respiratoria. Diarreas. Secreción vaginal. RCS en leche. Mortalidad. Distocias. Vacas tiradas
	Ausencia de dolor por procedimientos de manejo	Descornado/desmochado. Corte de colas.
Comportamiento adecuado	Expresión de comportamientos sociales	Comportamientos agresivos o agonísticos
	Expresión de otros comportamientos	Pastoreo
	Buena relación humano-animal	Distancia de huida
	Estado emocional positivo	Evaluación del comportamiento cualitativo

De todos estos criterios, el que más controversia ha tenido y el que más difícil ha sido su acogida entre la comunidad científica es el que ideó Wemelsfelder (2007). Este indicador se refiere a la prueba de evaluación del comportamiento cualitativo (QBA, por sus siglas en inglés), que evalúa el criterio 12, el cual se ha considerado antropomórfico y acientífico en varias ocasiones. El QBA describe el comportamiento como un proceso expresivo y no solamente como una abstracción retrospectiva (Fagenet *al.*, 1997; Wemelsfelder, 1997; Wemesfelder, 2001) y una vez contrastado, se ha validado para que no valga solo para informar sobre diferentes comportamientos, si no que la unidad de estas medidas es una evaluación contexto-sensitivo del estado de bienestar de un animal (Wemesfelder, 2001). Incluso se ha investigado si pudiese ser un primer análisis rápido para identificar ganaderías con mejor o peor bienestar antes de realizar el protocolo WQ completo y aunque no se obtuvieron valoraciones que se correlacionen con la evaluación completa, se observó un gran y significativo acuerdo entre las inter-observaciones (Andreasen *et al.*, 2013). En el caso específico para vacuno de leche, en un estudio que comparaba inter e intra observaciones con un etograma, también se concluyó que el QBA es una evaluación fiable para las interacciones sociales de las vacas en la granja (Rousing y Wemelsfelder, 2006). Por lo todo ello, este criterio se acepta como totalmente válido y científico.

### *Cómo se evalúa*

El proceso para evaluar el bienestar en vacuno lechero según el proyecto WQ se desarrolla en tres fases. Primero se evalúan 30 puntos clave en la granja (indicadores de bienestar) los cuales responden a los 12 criterios que componen la segunda fase (figura 3). En la tercera se adecuan a los cuatro principios básicos en los que se resume el bienestar animal y se le da una valoración a cada granja.

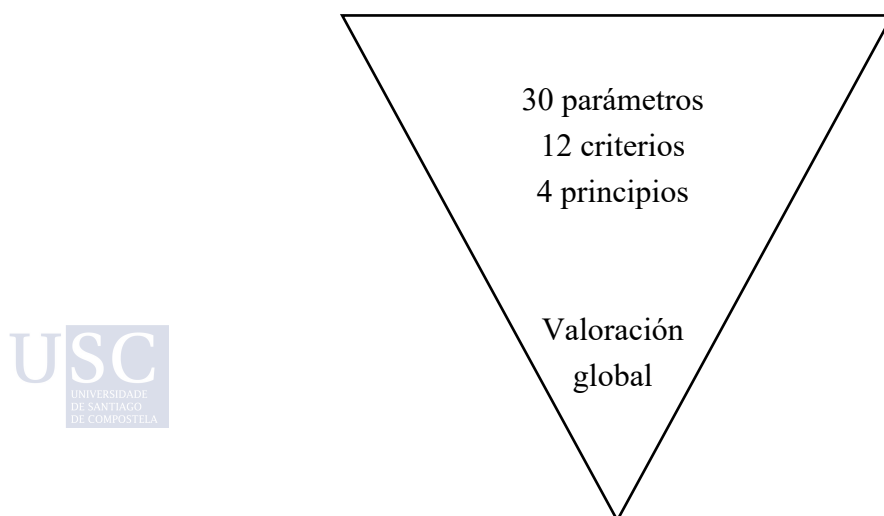


Figura 4. Esquema de los pasos para llegar a una valoración global

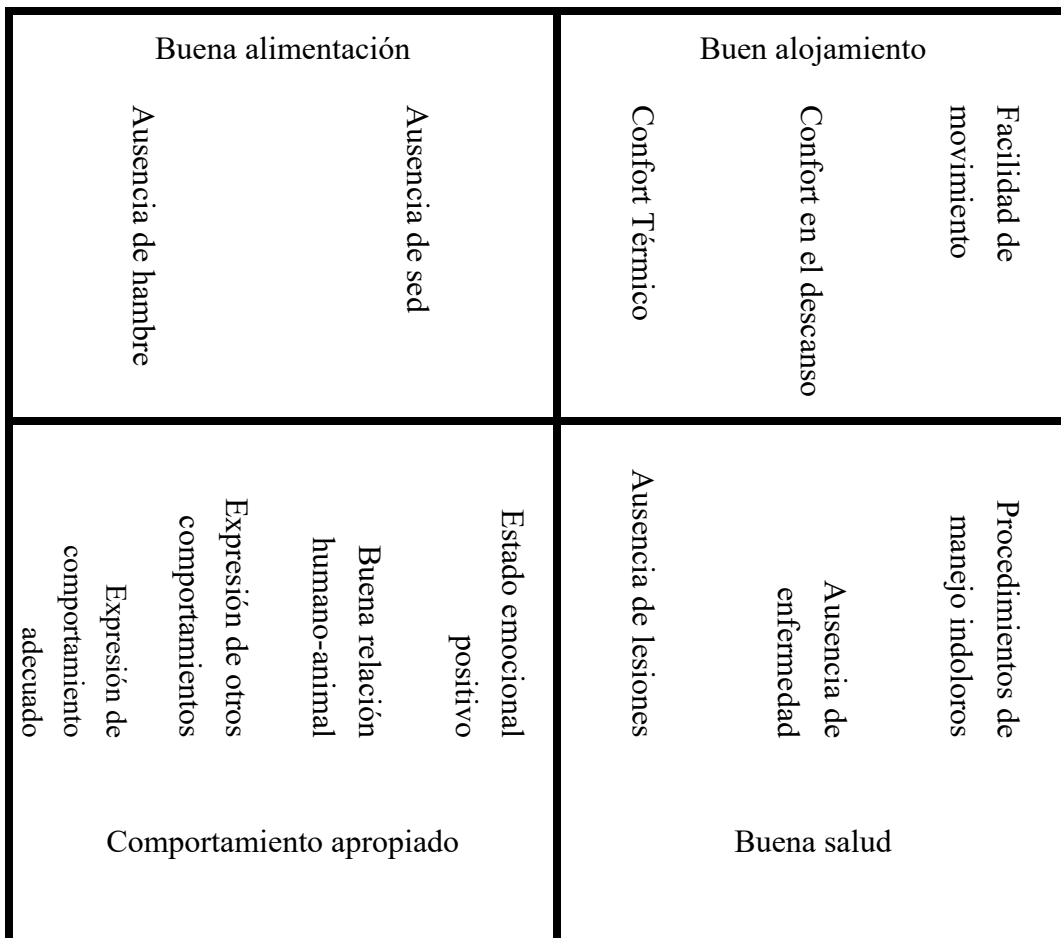


Figura 5. Esquema de los principios y criterios de WQ

Para obtener una valoración global, Blockhuis *et al.* (2010), explica que al ser el bienestar animal un concepto multidimensional, todos los criterios son importantes, y ninguna medida que se tome para un criterio puede ser compensada por otra. Es por ello que Botreau *et al.* (2009) propuso un modelo formal en el cual las medidas mencionadas (figura 5), pudiesen ser transformadas en puntuaciones que se expresan individualmente para cada criterio y para cada principio. Esta valoración se obtiene mediante puntuaciones que traducen las medidas en juicios de valor, que puede servir para guiar las decisiones a tomar por los agentes de la cadena de valor. Las puntuaciones en granja que se pueden obtener van de 0, valor para la peor puntuación, a 100, para la mejor, por medio de indicadores que se pueden expresar de la siguiente manera:

- Cuando las medidas recogidas en la granja se pueden expresar en categorías (variables de tipo si/no), se utiliza un árbol de decisión, mediante el cual se va respondiendo a diferentes preguntas para llegar a la puntuación final.

- Cuando una puntuación se explica por una única medida, que normalmente representa la severidad de un problema, se analiza mediante una escala ponderada (ej. grado de afectación de la cojera: severa/moderada).
- Cuando una puntuación es expresada por diferentes escalas numéricas se utilizan umbrales de alarma.

No todos los criterios tienen la misma importancia ni admiten compensaciones entre sí, por lo que los cálculos se establecen por grado de importancia utilizando operadores matemáticos. Como explican Blockhuis *et al.* (2013), esta tarea no fue fácil y el consorcio WQ encontró una serie de dificultades para poder puntuar el bienestar. En primer lugar, las medidas eran muy diferentes las unas de las otras, ya que al tratarse de un modelo flexible, era difícil estandarizar un sistema único de puntuación. En segundo lugar, el juicio de los expertos tiene que incluir una serie de dilemas éticos para saber que se considera bienestar y en tercer lugar que las variables se toman en distintas escalas tanto continuo, nominal, y ordinal. Para que estas medidas se resuman en 12 criterios y 4 principios, se traducen estas sumas ponderadas en un número definido por una función no lineal (de *Spline*). Para ello se utilizaron las funciones I-spline que permiten el ajuste de las curvas, simplificando su representación. Los bloques de medidas se definieron por integrales de *Choquet* que permiten que se le de un valor diferente a unos criterios que a otros. La integral de *Choquet* es una función que agrega valores y generaliza la noción de la ponderación cuando las medias ponderadas no se ajustan solo a un solo criterio sino a varios (Grabisch y Roubens, 2010). Además, el modelo de puntuación se diseñó para que se priorice el puntuar lo más negativo, para priorizar los resultados de los animales que se encuentran en las peores situaciones, y poder mejorarlas en el menor tiempo posible. Esto siempre, de una manera pragmática, animando a las ganaderías peor clasificadas a mejorar. Por ello se escogió puntuar cada criterio por separado para que los ganaderos puedan conocer sus opciones de mejora.

Al obtener las puntuaciones para cada medida de este modo, las granjas se acabarán clasificando de la siguiente manera (Welfare Quality, 2009):

- Excelentes: las que tienen más de 55 puntos en todos los principios y más de 80 en al menos dos de ellos.
- Buenas: las que tienen más de 20 puntos en todos los principios y más de 55 en al menos dos de ellos.
- Aceptables: las que tienen más de 10 puntos en todos los principios y más de 20 en al menos tres de ellos.



- No clasificadas: las que no llegan a las puntuaciones mínimas para la categoría aceptable.

Todas las medidas o indicadores que tomamos en granja nos permiten valorar los factores de riesgo e identificar cuando los animales viven en pobres condiciones de bienestar, que una

vez identificadas también puede guiar a tomar decisiones y dar soluciones (Blockhuis *et al.*, 2013).

El hecho de escoger el protocolo WQ para esta tesis es que el enfoque de este protocolo encajaba a la perfección para evaluar el bienestar animal en regiones como Galicia que se caracteriza por su diversidad en los sistemas de explotación lecheros, y además, se beneficiaba para su uso en esta tesis, el hecho de ser un método que se basa en medidas válidas, repetibles y prácticas. Esto nos permite verificar que distintos observadores, evaluando a un mismo animal, obtengan un resultado parecido y que un mismo observador, evaluando repetidas veces la misma granja, obtenga el mismo resultado, llegando a una puntuación final del bienestar de los animales multidimensional y equilibrada, teniendo en cuenta que cada uno de esos aspectos tiene un peso ponderado dentro de la evaluación global.

Otro aspecto a favor de este protocolo es que, a pesar de estar diseñado para sistemas intensivos en Europa, en varios estudios en otras regiones se ha podido adaptar el protocolo a otros sistemas de explotación, que puedan ser completamente extensivos, como puede ser el caso de Nueva Zelanda y países tropicales (Laven y Jermy, 2020; Kaurivi *et al.*, 2019; Hernandez *et al.*, 2017).

A pesar de ello, el protocolo debe ser revisado frecuentemente para su mejora (Knierim y Winckler 2009; Andreasen *et al.*, 2013; de Graff *et al.*, 2017). Además, el protocolo se ha comparado posteriormente, y demostrado que, aunque las medidas sean tomadas por diferentes observadores (lo que se conoce en inglés como: *inter-observer reliability*) son consistentes y fiables. Hay estudios que encuentran alta fiabilidad entre observadores en puntuaciones para cojeras (Engel *et al.*, 2003; March *et al.*, 2007; Winckler y Willen, 2001) y en las medidas de comportamiento para el indicador relación humano-animal en vacuno (Rousing y Waiblinger, 2004; Waiblinger *et al.*, 2007). Para el resto de medidas clínicas, la fiabilidad fue considerada, al menos, satisfactoria (Blockhuis *et al.*, 2013b).

Krueger *et al.* (2020) al revisar y comparar cuatro protocolos de bienestar de forma global - (FARM, 2020), WQ (Welfare Quality, 2009), The Code (Nueva Zelanda, 2019), y el IDSW Integrated Diagnostic System Welfare (Calamari y Bertoni, 2009) -, observa que el único que centra sus medidas en las basadas en el animal es el WQ, pero por esa razón también es el único que solo se centra en los animales adultos, lo que se le atribuye como el principal defecto de este protocolo. Por otro lado, también se beneficiaría de incluir evaluaciones nutricionales y de monitorear las prácticas de ordeño, como sí lo hacen el resto de protocolos analizados en esta revisión.

Todas las evaluaciones de bienestar son positivas y tendremos que elegir la adecuada para cada situación, en el caso de querer dar la información más certera en el momento de evaluación. En este sentido, y siendo el WQ es el único que prioriza las medidas tomadas en el animal (Krueger *et al.*, 2020), es cierto que, para poder dar un reporte al ganadero de medidas a corregir, es necesario también valorar las posibilidades de cambiar el ambiente o las



instalaciones, por lo que es recomendable la combinación de varios protocolos para poder comunicar al ganadero un análisis holístico que incluya la evaluación de riesgos y las medidas correctivas.

Más allá de esto y dado que las ganaderías están evolucionando en la inclusión de tecnologías, los avances en la evaluación del bienestar deben implementar nuevas medidas utilizando este tipo de sensores e integrar los datos recogidos automáticamente. Actualmente, se están desarrollando en varios proyectos europeos Horizonte 2020 (IoF2020, Cattlechain, Clearfarm, etc.) sistemas de soporte a la toma de decisión automáticos para detectar problemas de bienestar animal en las ganaderías y así automatizar lo más posible su evaluación. La ganadería está evolucionando tecnológicamente muy rápidamente y, es por lo que se le dedica un capítulo de esta tesis a las diferencias encontradas en ganaderías que aplicaron sistemas robóticos de ordeño en aspectos que puedan afectar a su bienestar. Otros aspectos y descubrimientos devenidos de la incorporación de nuevas tecnologías a la evaluación del bienestar animal se explican a continuación.

### **1.3.2. La incorporación de nuevas tecnologías a la evaluación del bienestar animal.**

Los avances tecnológicos, han permitido que se evolucione hacia lo que se conoce por ganadería de precisión: PLF (del inglés *precision livestock systems*). PLF puede definirse como la gestión de la producción ganadera utilizando los principios y la tecnología de la ingeniería de procesos (Wathes *et al.*, 2008). En cuanto a la monitorización del bienestar animal la implementación de este tipo de tecnología puede ser una buena herramienta por dos motivos. Por un lado, al monitorizar al ganado continuamente, el ganadero obtiene información para ser más productivo controlando la salud y bienestar de sus animales en todo momento, mientras que, por otro lado, si el ganado se monitoriza con tecnología IoT (Internet de las cosas, del inglés *Internet of things*) se puede ampliar la frecuencia de evaluación en granja del bienestar animal. Por ejemplo, en el caso del pastoreo, sabemos que es beneficioso para que las vacas puedan desarrollar su comportamiento natural como rebaño y es un indicador incluido en el protocolo WQ. Si la evaluación se realiza una vez que el auditor está en la granja, este obtiene una fotografía del momento, en cambio, si estos animales están monitorizados con algún dispositivo GPS que nos pueda dar su localización, se podrá obtener más información sobre el comportamiento del rebaño de estos animales, ayudar a la gestión de pastos e incluso evaluar remotamente que el pastoreo se está llevando a cabo correctamente. Así, cualquier indicador podría ser ventajoso conseguir medirlo automáticamente y podría dar más veracidad en muchos casos, como para esos indicadores como el QBA que, como hemos comentado, han creado un mayor rechazo. El avance científico en esta materia se ha orientado en gran medida en los últimos años en predecir los comportamientos de las vacas, por ejemplo, gracias al control de los movimientos con acelerómetros y giroscopios. Así, varios estudios (tabla 2) se han centrado en relacionar el comportamiento de la vaca con acelerómetros (Beinassa *et al.*, 2019; Chapinal

et al., 2011; Kok, et al., 2015; Mattachini et al., 2013; Martiskainen et al., 2009; Nielsen et al., 2010; Nielsen, 2013; de Passillé et al., 2010; Rahman et al., 2018; Vázquez Diosdado et al., 2015; Wolfgeret al., 2015). La monitorización automática de información sobre el comportamiento es una pieza clave en la evaluación del bienestar animal y en la que hace falta mejorar las técnicas de detección. También Sandem *et al.* (2004) afirmaba que era necesario afinar las medidas etológicas como posturas y expresiones faciales para perfeccionar la evaluación del bienestar. En este contexto, para ayudar a monitorizar el comportamiento animal, se han utilizado diversos dispositivos (desde GPS, sensores, giroscopios, acelerómetro, etc.), resultando muy útiles para determinar cambios y velocidades de movimiento en el animal que se correlacionan con determinadas actividades.

**Tabla 2. Ejemplos de estudios del comportamiento con acelerómetros en vacas.**

Referencia	Tipo de animal	Tamaño muestral	País de estudio	Tipo de dispositivo
Benaissaet <i>al.</i> (2019)	Vacas de 2º parto	16	Bélgica	Collar
Chapinalet <i>al.</i> (2011)	Vacuno lechero	12 a 32	Canadá	Collar y bozal
Kok, <i>et al.</i> (2015)	Vacuno lechero	28	Holanda	Podómetro
Mattachini, <i>et al.</i> (2013)	Vacuno lechero	12	Dinamarca	Crotal y podómetro
Martiskainen <i>et al.</i> , (2009)	Vacuno lechero	30	Finlandia	Collar
Nielsen <i>et al.</i> (2010)	Vacuno	10	Dinamarca	Podómetro
Nielsen (2013)	Vacas en lactación	20	Suecia	Collar y podómetro
de Passillé, <i>et al.</i> (2010)	Vacuno lechero	7	Canadá	Podómetro
Rahman (2018)	Vacuno	No especificado	Australia	Collar y crotal
Vázquez-Diosdado, <i>et al.</i> (2015)	Vacuno lechero	6	Reino Unido	Collar
Wolfgeret <i>al.</i> (2017)	Vacuno lechero	15	Canadá	Crotal

Por otro lado, la tecnología disponible hoy en día ya se podría aplicar enteramente al protocolo de evaluación WQ y no solo a lo que se refiere a estudiar el movimiento por acelerómetros. Watheset *al.* (2008) ya intuía que gracias a los continuos avances tecnológicos y especialmente los que están asociados a la detección automática y ganadería de precisión, es muy probable que muchas de las medidas basadas en el animal que hasta ahora son

económicamente impracticables, serán mucho más asequibles y fiables en el futuro. Para este hito, se pueden utilizar, desde dispositivos IoT hasta modelos de datos e inteligencia artificial. Lo bueno de incluir dispositivos IoT es que la información se registra automáticamente en servidores. Por otro lado, se puede aplicar la tecnología blockchain que encripta la información de tal manera que, una vez registrada es imposible de modificar, lo cual puede ser de gran utilidad en programas de trazabilidad en la cadena alimentaria. Esta tecnología se utilizó por primera vez en la banca para la utilización de criptomonedas, pero hoy en día se está introduciendo en muchas actividades de la vida cotidiana. Por medio de blockchain se manejan bloques de información de usuarios dando prioridad a la seguridad de las transacciones, por ser de extrema importancia. Los avances en este tipo de tecnología han hecho que se puedan aplicar en la cadena alimentaria y es la estrategia de futuro de la UE, incluida en el “Pacto Verde” (Comisión Europea, 2019) conocida como “Estrategia de la granja a la mesa”, con proyectos piloto evaluando su utilidad para la cadena alimentaria. Cabe destacar la aplicación de códigos QR en el etiquetado de alimentos de origen animal que ya están registrados por algunas empresas que dan información adicional al consumidor.

Maroto-Molina *et al.* (2020) ya han revisado como la evaluación por el protocolo WQ se puede medir casi al completo de forma automática, aunque se deberían cambiar algunos indicadores para que fuesen sensibles a estas tecnologías. A parte de los estudios de comportamiento en vacas, hay descritas varias tecnologías disponibles que incluyen desde bolos ruminales para detectar comportamientos de bebida (Bewley *et al.*, 2008; Cantor *et al.*, 2018), cámaras 3D para detectar condición corporal (Fisher *et al.*, 2015), pasando por GPS para monitorizar el pastoreo (Maroto-Molina *et al.*, 2019; Williams *et al.*, 2016), combinados con crotales con tecnología RFID (Identificación por Frecuencia de radio) o BLE (Bluetooth) para detectar interacciones animal-objeto (Toaff-Rosenstein *et al.*, 2017) o animal-animal (Maroto-Molina *et al.*, 2019), básculas automáticas para detectar el peso y cuánto beben, caudalímetros en los bebederos (normalmente incorporadas en los bebederos de las básculas) y algoritmos que permiten el procesado de muchos datos como pueden ser imágenes de vídeo para predecir comportamientos, que permiten detectar cojeras (Zhao *et al.*, 2018), interacciones sociales (Guzhva *et al.*, 2016) o expresiones faciales (Battini *et al.* 2019). Un resumen de las posibles medidas automáticas aplicadas al protocolo WQ se describe en la tabla 3. De éstas algunas están disponibles en el mercado y otras se utilizan solo en investigación, pero es posible que pronto se empiecen a ver más usos en la evaluación del bienestar, y será conveniente estar atentos a los resultados que se presentarán en los años 2022 y 2023 de los proyectos H2020 *Clearfarm* y *Cattlechain* con este propósito u otros que puedan surgir en el futuro.

Tabla 3. Tabla resumen de posibles tecnologías aplicables al protocolo WQ modificada de Maroto-Molina *et al.*(2020).

Principios WQ	Criterio WQ	Medidas	Otras medidas posibles fuera de WQ	Posibles tecnologías de detección automática
Buena alimentación	Ausencia de hambre	Condición corporal (A)	Peso (A) Provisión de comida (M) Uso del comedero (A) Tiempo comiendo, rumiando (A) Producción lechera (A)	Medidor de la leche, básculas automáticas, sensor de nivel en el comedero, RFID BLE, Acelerómetros, imagen 3D.
	Ausencia de sed prolongada	Número y longitud de bebederos (E) Limpieza de bebederos (E) Flujo de agua (E) Funcionamiento de los bebederos (E) Número de animales usando los bebederos (A)	Tiempo bebiendo (A) Consumo de agua (A) Pérdida de peso por deshidratación (A)	Medidor de nivel en el bebedero, caudalímetro, Crotales con sensores BLE o RFID, bolos ruminales, Acelerómetros, Báscula automática, imagen 3D.
Buen alojamiento	Confort en el descanso	Tiempo tumbadas (A) Tiempo que tardan en tumbarse (A) Golpes de los animales con el equipamiento al tumbarse (A) Animales tumbados total o parcialmente fuera del área de descanso (A) Limpieza de ubres, flancos y patas (A) Alteraciones del tegumento (A) Uso de las camas		Análisis automático de vídeo, podómetros con acelerómetros o combinaciones de acelerómetros con giroscopios, camas o colchonetas inteligentes.
	Confort térmico	No hay indicadores para WQ	Jadeos (A) Temperatura y humedad interior (E) Temperatura corporal (A) Frecuencia con la que beben (A)	Acelerómetros, termómetros o bolos ruminales.

	Libertad de movimientos	Vacas inmovilizadas (A) Acceso a zonas de descanso exteriores o pasto (A) Interacciones entre animales (A)	Balance diario de los distintos comportamientos No. Pasos, distancia caminada	GPS, Acelerómetros, giroscopios, podómetros.
Buena salud	Ausencia de heridas	Cojeras (A) Alteraciones del tegumento (A)		Análisis de imágenes, Sensor de presión.
	Ausencia de enfermedad	Tos, Secreción nasal Secreción ocular, Dificultad respiratoria, Diarreas, Secreción vulvar, RCS en leche, Mortalidad, Distocias, Vacas tiradas. Todas (A)	Temperatura corporal	Sensores en el tanque de leche, bolos ruminales o termómetros.
	Ausencia de dolor por procedimientos de manejo	Descornado/desmochado (A) Corte de colas (A)	N/A	N/A
Comportamiento adecuado	Expresión de comportamientos sociales	Comportamientos agonísticos (A)	N/A	Análisis de imágenes por inteligencia artificial.
	Expresión de otros comportamientos	Acceso al pasto (A)	Auto aseo Uso del cepillo	GPS o RFID a la entrada RFID, BLE en el cepillo
	Buena relación humano-animal	Distancia de huida (A)	Temperamento.	N/A
	Estado emocional positivo	Qualitative behaviour assessment (A)	N/A	Detección Expresión facial

*\*(A): Indicadores basados en el animal (animal-based), (E): indicadores basados en el ambiente (environmental-based), (M): Indicadores basados en el manejo (management-based) (N/A): No se aplica*

Cabe mencionar que la automatización de la evaluación del bienestar en ganaderías no puede aplicarse sin tener en cuenta cómo puede verse afectada la sociedad. La inclusión de estas tecnologías puede favorecer que se cambien muchas rutinas de trabajo, permitiendo al ganadero disponer de más tiempo libre, y que incluso, puede repercutir en el mercado laboral de este sector. Por ello, cabe deducir que, si muchos procesos del manejo se automatizan, el

ganadero tendrá menos contacto diario con el animal, y como señalaron Veisser *et al.* (2019) es posible que el ganadero deba usar ese tiempo extra que le permite la tecnificación de determinados procesos para reforzar el vínculo humano-animal, lo que también sería favorable para el incremento del bienestar. También tendrá que estudiarse cómo esta automatización puede verse desde el lado del consumidor. La revolución industrial fue clave para la protección animal, y aunque la aplicación de la tecnología en este caso actúa a favor del bienestar animal, o al menos da facilidades para su evaluación, los sensores de los que se dispongan deben de ser lo menos molestos posible para el animal y no condicionar su comportamiento natural.

#### **1.4. El bienestar del vacuno lechero y la legislación en la Unión Europea.**

En la materia de bienestar animal está ya ampliamente reconocida la preocupación de los consumidores europeos siendo una de las razones por las que está regulado por una normativa europea, en particular el Artículo 13 del Tratado de funcionamiento de la Unión Europea (UE) (Consejo de la Unión Europea, 2019). Como en otros tipos de normativas de este tipo, son los estados miembros quienes se encargan de la ordenación de las normas comunitarias, pero es el Consejo Europeo el que redacta las recomendaciones de cómo deben ser las reglas a aplicar en bienestar animal en común. Las leyes se materializan por el trabajo en conjunto de la UE y del Consejo Europeo y es la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) quien facilita asesoramiento científico independiente en colaboración con las autoridades nacionales para animales de producción que se destinen a la elaboración de alimentos. Por otro lado, se encuentra la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), que es la que colabora con los servicios veterinarios de todos los estados miembros.

Desafortunadamente, en Europa actualmente no se incluye una legislación específica para la mayoría de los animales de granja, entre ellos la vaca de leche, pero se incluye como conclusiones del Consejo el valorar aplicar los estándares mínimos de protección para vacuno de leche y carne, oveja y cabra, piscifactoría, conejo, pavos y ocas (Consejo de la Unión Europea, 2019).

La estrategia que sigue la UE es abordar planes de acción. El primer plan de acción en materia de bienestar persistió del 2006 al 2010 y el segundo del 2010 al 2015. Sobre este último, el informe de seguimiento se desarrolló en 2019. En la actualidad no se han elaborado otros planes de acción justificados pero se mantiene actualizado el seguimiento de los anteriores. A pesar de ello la Comisión ha incluido varias medidas en trazabilidad del bienestar en la más novedosa estrategia abordada en mayo de 2020 “De la granja a la mesa”. Esta estrategia se incorpora al nuevo pacto europeo del “Pacto Verde” (Comisión Europea, 2019), en el que, entre otras cosas, la Comisión continúa su evaluación en los estados miembros para una agricultura más sostenible e impulsar el bienestar animal.

Una de las prioridades en evaluación del bienestar animal ha sido su trazabilidad, que incluya información a los consumidores. El enfoque de la UE se puede plasmar en sus planes

para el etiquetado en bienestar animal. Aunque actualmente de forma oficial solo hay un sistema para el etiquetado de los huevos, la estrategia está orientada a considerar el desarrollo de un instrumento para mejorar la forma de informar a los consumidores y compañías en qué productos son “*animal welfare friendly*” asegurando la transparencia sin exponerlos a demasiada información.

Es por ello, por lo que se puede considerar que hay una llamada de atención a los consumidores en lo que respecta al bienestar animal. A la vez que se realizan auditorías también se ha empezado recientemente a etiquetar en materia de bienestar animal, como también lo hacen en seguridad alimentaria (figura 6). Estas campañas tienen la doble respuesta de informar al consumidor a la vez que se ilustra y educa. Surgen como respuesta a una tendencia de cambio en la demanda del consumidor desde 2005, mostrada en la encuesta al consumidor del Eurobarómetro (Comisión Europea 2006). En ella el 90 % de los encuestados respondieron que no recibían suficiente información sobre bienestar y protección de los animales de granja.



Figura 6. Ejemplos de sellos de certificaciones en bienestar animal y pastoreo

Aunque no solo la actitud del consumidor influye al mercado; como afirma Verbeke (2009) el bienestar animal tiene como contrapartida otros atributos como el precio, sabor, salud o conveniencia de mercado.

También se demostró que las motivaciones del consumidor para comprar productos lácteos sostenibles fueron bajas, a pesar de las posturas positivas que se muestran hacia ellos, porque no se perciben como productos que estén ampliamente disponibles (Vermeir y Verbeke, 2006). Salaün y Flores (2001) encontraron que la mayoría de información sobre comida es ignorada y

que los consumidores la encuentran irrelevante puesto que la mayor parte de la información no se ajusta a sus necesidades ni expectativas.

Hay que tener en cuenta que España no se caracteriza por ser líder en una sociedad concienciada por el bienestar animal. Así, en la encuesta Eurobarómetro de 2007 el 49% de los españoles contestaron que no sabían absolutamente nada acerca de cómo se crían los animales de consumo, siendo este dato mucho menor que en otros países europeos (Comisión Europea, 2007). Por suerte para el bienestar animal, aún a pesar de la menor concienciación de nuestros consumidores, la legislación en España se adecúa al resto de países europeos.

Las explotaciones ganaderas, independientemente del tipo de producción, deben cumplir una normativa general y básica en materia de bienestar según la directiva del consejo 98/58/CE donde se dan unas directrices básicas y generales para todas las especies. En España estas recomendaciones se recogen en el Real decreto 348/2000 (BOE nº 61), modificado por el Real decreto 441/2001 (BOE nº 114) que legisla de manera general las condiciones que deben seguir las granjas, incluyendo el personal de la granja, el diseño de las instalaciones y equipos, la alimentación y las mutilaciones permitidas, pero no establece criterios concretos.

También de manera general para todas las especies el Reglamento (CE) 1/2005 regula el transporte de animales en la UE.

En lo que atañe al ganado vacuno, no existe una normativa específica que aborde toda la etapa productiva del animal y solo se recoge para los terneros de edad hasta 6 meses, sin diferenciar en si son terneros de producción de leche o de carne, en la directiva del consejo 1991/629/CEE, modificada por 1997/2/CE, que se recoge en el Real decreto 1047/1994 (BOE nº 161) modificado por RD 229/1998, (BOE nº 41) y RD 692/2010, (BOE nº 135), que hace referencia a las normas mínimas específicas para la protección de terneros de engorde y cría hasta los 6 meses de edad en explotaciones ganaderas.

### **1.5. El bienestar en el vacuno y su relación con la producción**

Hoy en día, la industria alimentaria reconoce como importante la opinión de los consumidores y estos, incluso cuando se trata de un producto final más caro, cada vez más priorizan la salud de los animales sobre el coste (Kjærnes, 1999). La UE, pionera en trazabilidad y regulación alimentaria, es también considerada líder en aumentar las condiciones de bienestar en animales de producción. Esto es debido a que los europeos son los ciudadanos que reclaman que su comida proceda de producción regulada por estándares de bienestar (Roex y Miele, 2005). El Eurobarómetro de 2015, indica que la mayoría de los encuestados (82%) consideran que hay que hacer mejoras en las ganaderías y que los productos que vengan de fuera de la UE deben cumplir los mismos estándares que los que se producen aquí y que la UE debe actuar para que ello se cumpla (Comisión Europea, 2015). Esta opinión se mantiene en la encuesta de

2018, pero con énfasis no solo en el bienestar animal sino en la calidad alimentaria y cuidado del medio ambiente (Comisión Europea, 2018).

En el caso del vacuno de leche, tanto el consumidor como el productor se benefician de implantar medidas que mejoren el bienestar animal. Para los productores, tratar bien a los animales conduce a una mayor producción de leche, actuando en la prevención de enfermedades y resistencia a patógenos (EFSA, 2017). La investigación que se llevó a cabo en el proyecto WQ mostró que los ganaderos están completamente a favor de estandarizar un sistema de evaluación del bienestar animal (Bock, 2009) pero, al mismo tiempo, los investigadores se muestran preocupados de que esto repercuta en sus costes de producción (Block *et al.*, 2010). Por ello es importante ver como se relacionan el bienestar y la producción, pues el manejo del ganadero va a ser esencial para garantizar el bienestar en las ganaderías. EFSA (2012) informó sobre la necesidad de obtener más información sobre los enlaces que puede haber entre los valores productivos y las medidas de bienestar para poder tener la habilidad de predecir la situación de la granja y elegir las medidas de evaluación que mejor se adapten a cada caso. En un estudio previo, Rushen *et al.* (1999), indicaron que manejando las vacas durante el ordeño de una manera más gentil y cuidadosa, aumenta la producción lechera. Igualmente, Bertenshaw y Rowlinson (2009), encontraron que las ganaderías en Reino Unido que usaban nombres propios para sus vacas producían 258 L más por lactación que en las que no identificaban a sus vacas de esta forma. En esta línea, se ha estudiado como puede afectar el bienestar animal a la producción, Nyman *et al.* (2011), analizaron qué datos de “Control Lechero Oficial” se pueden utilizar para identificar a las ganaderías con peor bienestar. Considerando varios índices reproductivos como 1ª inseminación fecundante, mortalidad, incidencia de mamitis y enfermedades metabólicas, pudieron establecer diferentes categorías de bienestar. Esto también se aplicó a estudios que utilizaron el protocolo WQ en el que, De Vries *et al.* (2011a) revisaron la bibliografía para asociar parámetros rutinarios (como producción lechera o índices reproductivos) y sus asociaciones con indicadores de bienestar reflejados en el protocolo WQ, donde encontraron correlaciones tanto positivas como negativas. También Coignard *et al.* (2014), indicaron que la puntuación total de bienestar obtenida por el método WQ se asociaba negativamente a la producción lechera, aunque ello no signifique que se pueda utilizar la producción como indicador de bienestar. A pesar de que estos resultados orientan a una asociación del bienestar con la productividad, y dada la amplitud de valoraciones en bienestar, los resultados de los que disponemos a día de hoy no son muy homogéneos y es por eso que es fundamental ampliar estudios en este campo y en distintos países, con métodos de producción distintos, ya que por ejemplo España está a la cola en estudios de bienestar animal en vacuno lechero.

Por otro lado, la selección genética en la ganadería de vacuno de leche ha ido cambiando, pasando de seleccionar únicamente por producción, a incluir en los índices de selección caracteres de salud, como resistencia a la mamitis o a las lesiones podales. De igual forma, actualmente la mayoría de los países incluyen en sus objetivos de selección la longevidad de

sus animales, en forma de vida productiva, que al igual que los caracteres de salud, repercuten en una mejora del bienestar animal.

Como hemos visto, los indicadores basados en el animal pueden incluir también registros que toda explotación lechera suele registrar, como puede ser los ordeñados por vaca y día. Estos registros pueden ayudarnos a evaluar el bienestar de una granja si los observamos al cabo del tiempo. Un mismo animal puede estar en bienestar una lactación y no la siguiente y es por ello que es importante evaluar varios factores (nutrición, equipamiento, etc.) durante tres o más lactaciones.

El relacionar la evaluación del bienestar y los valores productivos es de gran interés, siendo pocos los modelos que se han podido desarrollar debido a su dificultad y a variaciones entre granjas o métodos de producción. De Vries *et al.* (2014), idearon un modelo para poder hacer un cribado inicial de las ganaderías que pueden tener mayores riesgos de bienestar. Este modelo incluía registros a partir de análisis previos que se pueden realizar sobre datos recogidos de forma sistemática en las ganaderías. Esto implica que el indicador de bienestar animal puede ser también predictivo y permite adelantar las mejoras a hacer en granja. Por ejemplo, Hegelund *et al.* (2003), encontraron que cambios en el consumo de agua en pollos pueden predecir que se desarrolle una enfermedad en el futuro. Otro ejemplo en este sentido es evaluar el tiempo que pasan las vacas acostadas, lo que podría predecir cojeras en un rebaño (Ito *et al.*, 2009).

Aunque cada vez hay más avances, todavía es muy difícil encontrar un consenso en la evaluación del bienestar y su relación con la producción. Todos los participantes en la cadena alimentaria desean un consenso global y, como describe la EFSA (2012), se deben estandarizar los indicadores de bienestar animal, ya que no tienen por qué ser únicamente usados en la investigación o evaluación científica, sino que pueden ser utilizados para hacer constar cambios en el bienestar de los animales tras, por ejemplo, efectuar determinados cambios en el manejo o en las instalaciones. Así, por lo tanto, pueden ser útiles para el ganadero en la toma de decisiones y además, para otros agentes de la cadena como:

- Asesores y consultores
- Veterinarios
- Empresas de genética
- Auditorías
- Autoridades
- Otros científicos, que puedan utilizar los resultados de otro equipo como referencia.

## **1.6. Como afecta el bienestar al manejo de una granja.**

La modernización y tecnificación de las granjas, donde se pueden incluir los robots de ordeño, implican muchos beneficios para la ganadería actual. Esta es la razón por la que, se ha querido estudiar en esta tesis la implicación que puedan tener en el bienestar animal estos cambios de rutina en el manejo de la granja.

Una de las variables que suele verse afectada tras un cambio de rutina son las bajas en una granja. Para considerarse baja nos basamos en los valores que se toman durante las visitas técnicas del “Control Lechero Oficial”. El “Control Lechero Oficial” es un registro objetivo y sistemático de la producción y de la calidad de la leche, entre otras cosas.

En esas visitas mensuales se recogen datos de los descartes de la explotación según la resolución del 10 de diciembre de 2020 de la Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios, por la que se publican las recomendaciones del Comité Internacional para el Control del Rendimiento Animal, de acuerdo con las instrucciones de aplicación de las mismas establecidas por la Comisión Nacional de “Control Lechero Oficial” (BOE nº332 del 22 de diciembre de 2020). En esta tesis dado el reciente cambio en la normativa se contabilizaron las bajas de la granja por las reglas específicas de la normativa anterior, Real Decreto 368/2005, de 8 de abril, por el que se regula el Control Oficial del rendimiento lechero para la evaluación genética en las especies bovina, ovina y caprina (BOE nº97 del 23 de abril de 2005) en las que se incluyen los siguientes motivos de baja:

1. Muerte: Salió muerta de la explotación por un motivo no contemplado en el resto de los supuestos. El ganadero encuentra la vaca muerta sin un motivo aparente.
2. Sacrificio urgente: Salió viva de urgencia con destino a matadero por un motivo no contemplado en el resto de los supuestos.
3. Improductividad: Derivado de una baja producción de leche (para lo esperado por el ganadero) o bajos porcentajes de grasa o proteína.
4. Mamitis: Mamitis clínica, crónica o con recuentos celulares altos recurrentes.
5. Infertilidad: Relacionado con reproducción (no empareña, abortos, disfunciones ováricas, quistes, etc.).
6. Campaña de saneamiento: Sacrificio por zoonosis oficial.
7. Otras causas: Causas no contempladas en el resto de los supuestos o multicausal sin que exista una causa predominante.
8. Venta para vida: Cuando se desconoce la explotación de destino o está fuera del “Control Lechero Oficial”.
9. Traslado: Cuando se conoce la explotación de destino y esta misma está en “Control Lechero Oficial”.
10. Explotación de baja en el “Control Lechero Oficial”.

A estos criterios hay que sumarle el de cojeras que es un código implementado en el “Control Lechero Oficial” en Galicia desde 2009. Que se define como:

11. Cojeras: los animales se descartan por problemas musculoesqueléticos como laminitis, infección de casco, etc.

Las bajas o descartes en la granja suelen verse afectadas por el estado general de la granja en lo relacionado al bienestar. Es importante conocer el manejo de la explotación y prestar atención a los cambios de rutina en el ordeño, como puede ser un cambio de sala convencional a un sistema robotizado de ordeño (AMS por sus siglas en inglés “*Automatic milking system*”). Comparado con salas convencionales, las vacas en AMS, tienen más libertad y control para sus actividades diarias, así como sus ritmos, lo que puede permitir que tengan mayores interacciones con su ambiente (Jacobs y Siegford, 2012a). Aunque hay que valorar también como afecta el ordeño individual porque se sabe que los estados de aislamiento en ambientes no conocidos afectan negativamente produciendo estrés en las vacas (Rushenet *et al.*, 1999, 2001).

Un robot de ordeño se considera un sistema automático de ordeño. El primer sistema automático de ordeño se instaló en Holanda en 1992 (Svennersten-Sjaunja y Pettersson, 2008), y no es hasta el año 2000 que se instala el primer robot en España (Caja *et al.*, 2002). En general, dado que los robots de ordeño pueden dar servicio a unas 60 vacas (Jacobs y Siegford, 2012b), en granjas de pequeño tamaño, bien adaptadas en Europa, les puede beneficiar más económicamente en comparación con granjas de mayor tamaño (Armstrong y Daugherty, 1997; Rotzet *et al.*, 2003).

Se han estudiado las diferencias en confort y estrés que existen entre máquinas de ordeños tradicionales y AMS, mostrando resultados muy variables. Por ejemplo, Gyra *et al.* (2008) encontraron diferencias menores en observaciones del comportamiento y ritmo cardíaco. Por el contrario, Wenzel *et al.* (2003) no encontró mayores variaciones en las patadas y estrés medido por ritmo cardíaco y cortisol, entre un sistema de ordeño y otro. De otro modo, Hulsen (2005), confirma que existen diferencias muy pequeñas entre una granja con sala de ordeño y robot, aunque sí es cierto que futuras carencias en el manejo tendrán mayores consecuencias. Todo ello confirma que cambiar de un sistema convencional de ordeño a un AMS necesita un nuevo enfoque del manejo de la granja (Svennersten-Sjaunja y Pettersson, 2008). El ordeño con robots requiere cambiar algunas tareas como el control y limpieza del robot de 2 a 3 veces al día, control visual de las vacas, y chequear si hay vacas que exceden los intervalos máximos de ordeño, y los ganaderos necesitan tiempo para adaptarse a la nueva situación (Steenvelt *et al.*, 2012). Por tanto, se espera que la instalación del AMS tenga unos costes laborales al principio, aunque Bijl *et al.* (2007) también asume mayores costes por la adquisición de un AMS debido a los mayores costes de mantenimiento y amortización. Sin embargo, Steenvelt *et al.* (2012), concluyen que a pesar de que los costes capitales sean más altos, esto no afecta a la eficiencia que las granjas con AMS puedan tener sobre las convencionales. Un estudio en Galicia de la mano de Castro *et al.* (2012), analizaron la eficiencia máxima de AMS, concluyendo que cada AMS ordeña una media de 52,7 vacas a 2,69 ordeños al día con medias de producción de 549.734 kg por robot de ordeño. Este aumento de la producción asumiría los costes adicionales.

Como hemos comentado anteriormente, el bienestar animal de una granja de vacuno lechero se ve muy afectado por múltiples factores como las interacciones sociales con otras vacas, las interacciones humano-animal, los sistemas de manejo, la nutrición y suplementos

alimentarios, el diseño del establo, clima y otras condiciones medioambientales, y todo puede afectar el bienestar tanto negativa como positivamente (Wiktorsson y Sorensen, 2004).

El comportamiento, tan importante en el bienestar, suele ser el principio que más se ve afectado por cambios de rutina. Aunque no está tan ampliamente estudiado, se sabe que las vacas compiten por sus recursos por lo que un cambio de manejo puede implicar un nuevo motivo para competir. Val-Lalliet *et al.* (2008) mostraron como las vacas competían según la motivación de cada animal, causando mayores desplazamientos entre las vacas cuando compiten por la comida que cuando lo hacen por acceder a los pasillos o al cepillo. No solo la competición está en juego en este caso, sino que también hay que tener en cuenta los posibles fallos que puede tener un AMS que suelen afectar a las vacas con alguna malformación en los pezones. Stefanowska *et al.* (2000), simularon este tipo de fallo para poder observar cómo afectaba al bienestar de las vacas el que un problema en el AMS pudiese restringir un adecuado ordeño y concluyeron que afecta tanto en problemas de salud (como mamitis), como en aumento de estrés, causando malestar o incomodidad, deducido del aumento en la frecuencia de micción o tiempo que permanecían las vacas en pie en los cubículos. A parte de los problemas de comportamiento (que pueden derivar a la larga en otras patologías), se observa que el bienestar está afectado negativamente por enfermedades comunes como las lesiones podales, la mastitis, los problemas reproductivos y la restricción del comportamiento (Webster, 1993; Greenoughy Weaver, 1996; Gregory y Grandin, 1998; Broom, 1999; Galindo y Broom., 2000). Tanto las mamitis como las cojeras, entre otras patologías, son procesos muy dolorosos para el animal (Huxley y Whay, 2006) y hacen que la vaca descienda su producción y sea seleccionada para descartar por el ganadero.

Los descartes en una granja pueden clasificarse como involuntarios o voluntarios. Los involuntarios se refieren a cuando son debidos a lesiones, problemas de salud o infertilidad. Entre ellas, las más frecuentes para asumir descartes son infertilidad, mastitis y cojeras. La decisión del descarte, aunque puede estar aconsejado por un veterinario, recae sobre el ganadero y suele basarla en decisiones económicas de cuándo descartar y no se tiene tan en cuenta el cuándo debería haber sido descartada para maximizar el bienestar del animal. Un mejor manejo de la población y del bienestar animal se traducirá en la reducción de la incidencia de las mamitis, las cojeras o la infertilidad, lo que incrementará la longevidad del rebaño, lo que también reducirá que perduren enfermedades crónicas y su consecuente sufrimiento a largo plazo. A ello, se le suma el efecto de incrementar la productividad de cada animal. Al aumentar su vida útil y reducir los descartes, creará una situación beneficiosa tanto para la vaca como para el ganadero (Lagford y Scort, 2012).

Las cojeras son una causa muy común de descartes en una explotación, que suele llegar a ser el 10% de éstas (Olechnowicz y Jaskowski, 2011). Además, es un factor que no pasa desapercibido cuando se instala un robot de ordeño, ya que las vacas cojas tienen más dificultades para desplazarse al robot (Bach *et al.*, 2007; Miguel-Pacheco *et al.*, 2014). Aunque el bienestar sea una característica del animal, muy frecuentemente se utilizan medidas basadas

en un grupo de animales, como por ejemplo la incidencia de cojeras a nivel de rebaño (EFSA, 2012). Para evaluar las cojeras en un animal se suele emplear la técnica del “*Gaitscoring*”, que puntúa la cojera del animal mientras camina, y de ella se extrae el porcentaje de cojeras según esta evaluación (Main *et al.*, 2010). Relacionándolo con un cambio de rutina y centrándonos en el ejemplo de los robots de ordeño, tanto Nixon *et al.* (2009), como Gellrich *et al.* (2015), detectaron como las vacas afectadas por cojeras visitan menos frecuentemente el robot. En este caso, el número de visitas al robot podría contribuir como un indicador de bienestar en una evaluación para estudiar las cojeras del rebaño indicando la salud podal del animal.

### 1.7. Justificación del tema y perfil de la tesis

El bienestar animal es apreciado como una materia emotiva para la mayoría de la población, lo cual dificulta mucho la visión científica del mismo. En general la opinión de los ciudadanos se centra más en las creencias devenidas de la cultura, tradición o religión y no en las evidencias científicas. Es por ello, que, hacer estudios en esta ciencia sea fundamental para la sociedad. Estos trabajos son de gran importancia, debido a que, tratarán de argumentar consistente y sólidamente que esta visión emotiva de la mayoría no se corresponde a la realidad en el campo. La importancia de esta ciencia recae ahora en definir los parámetros de cómo se debería tratar a los animales, y estudiar cómo se pueden valorar. Esto es en definitiva lo que se pretende investigar en el marco de estudio de esta tesis, aportando datos sobre la evaluación del bienestar, evaluando cómo se relacionan con valores productivos y reproductivos, y cómo se relacionan con el manejo en una granja ante posibles cambios de sistemas de producción o modificaciones del entorno.

## 2. Objetivos

El objetivo principal de la presente Tesis de Doctoramiento fue valorar el bienestar animal en la Comunidad Autónoma de Galicia en referencia a la producción lechera. Para el desarrollo de este trabajo se detallaron tres objetivos parciales que corresponden a cada uno de los capítulos que componen el trabajo final.

- i. Aplicar el protocolo de WQ de acuerdo con las directrices publicadas el año 2009 y valorar el bienestar animal en las granjas de vacuno lechero de Galicia.
- ii. Una vez obtenidas las puntuaciones del protocolo WQ, el siguiente objetivo fue evaluar qué criterios y principios de bienestar se asocian a los indicadores reproductivos y productivos, concretamente a la producción lechera corregida a 305-días (305-d) e intervalo parto concepción (IPC).
- iii. Por último, con esta tesis se quiso analizar el efecto que tiene sobre los descartes de una granja el cambio de un sistema de sala de ordeño a un AMS en vacuno lechero

### 3. Material y métodos

#### 3.1. Área de actuación y población estudiada

La presente tesis se ha desarrollado en su totalidad en Galicia por ser a Comunidad autónoma con mayor número de ganaderías de producción de leche en España, representando el 39% de entregas de leche cruda de España en 2020 y el 38% en 2019 lo que representa casi el 2% de la leche producida en toda la UE (MAPA, 2021) (figura 7). Durante la fase experimental de este estudio, en 2014 había registradas un total de 11.014 granjas de producción de leche en Galicia (Xunta de Galicia, 2017). En las últimas dos décadas se observa una tendencia descendente en el número de granjas en Galicia, pasando de 9.273 ganaderías en 2016 a 7.284 en 2020, lo que representa el mayor descenso en cifras brutas de toda España; aunque esto no afecta de forma sensible al censo de animales registrados, ya que en Galicia fue inferior al 3%, con un total de 10.475 animales menos en los cinco últimos años, aunque a nivel del censo nacional se mantiene estable, representado el 39% de vacas en ordeño en ese periodo. Otra tendencia que se observa es el incremento del número medio de vacas por ganadería, pasando de 37 vacas en 2016 a 45 en 2020 en Galicia (MAPA, 2020) (tabla 4). Por otro lado, Galicia es la Comunidad autónoma que registra el mayor incremento medio en litros por ganadería, tanto en cifras absolutas como porcentuales (MAPA, 2020).

Tabla 4. Valores de la estructura del sector lácteo desde 2016 a 2020 en España y Galicia extraído de MAPA(2020)

	Ganaderos/as con entregas			Vacas por granja			Entregas leche (T)		
	2016	2020	% variación	2016	2020	% variación	2016	2020	% variación
Galicia	9.273	7.284	21%	37	45	23%	2.602.810	2.895.850	11%
España	16.732	13.086	22%	52	64	24%	6.886.683	7.405.608	8%

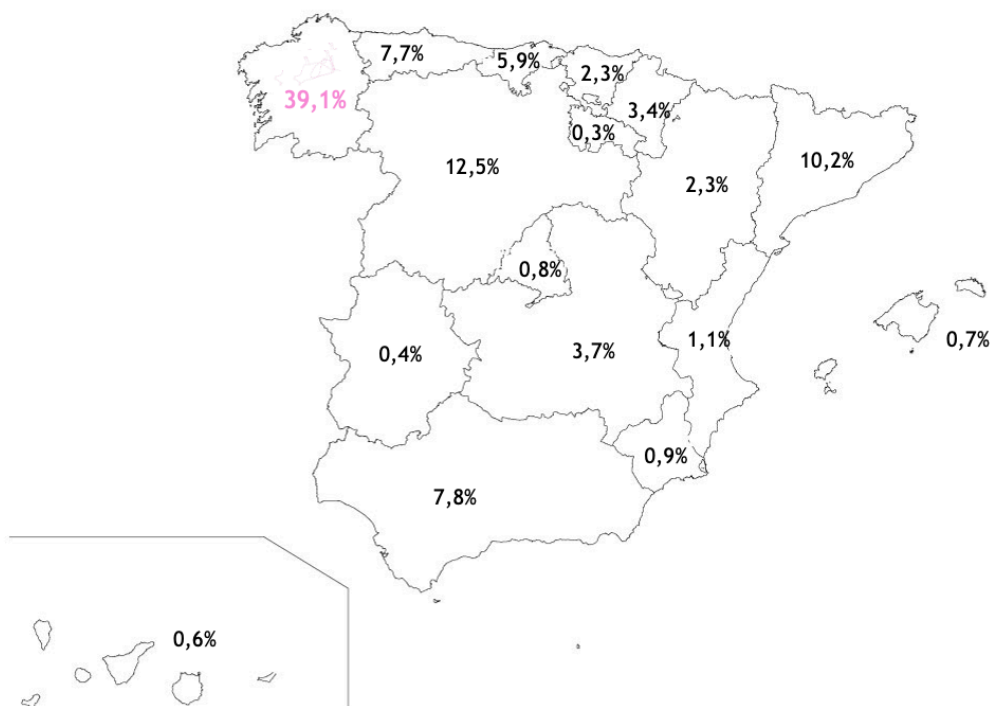


Figura 7. Mapa de porcentaje de entregas lácteas en 2020 en España (MAPA, 2020)

La recogida de datos para los tres estudios que componen esta tesis se llevo a cabo durante el periodo 2014 - 2017, manteniendo durante ese intervalo una media de 8.425 granjas, con una tendencia a la baja, como ya hemos comentado (Xunta de Galicia, 2018). En este mismo periodo, una media del 35% de las granjas estaban inscritas en el “Control Lechero Oficial” de Galicia, lo que representa el 72% de toda la leche producida en esta Comunidad (Asociación Provincial de Control de Rendimientos (AFRICOR, 2017).

### 3.2. Colección de datos y metodología

Los materiales utilizados en el conjunto de la tesis fueron:

- Material de campo para la recogida de datos: cinta métrica, cámara de fotos y video, cronómetro.
- Protocolo WQ para la evaluación del bienestar en el ganado vacuno. (WelfareQuality® consortium, 2009)
- Hojas de anotación de datos y encuesta al ganadero modificadas, respecto de las que facilita el protocolo WelfareQuality® .
- Programas informáticos, Pack office (MS, 2016), SPSS 15.0 (SPSS Inc, Chicago, IL), STATA 11.1(Stata Corp LP, Collage Station, TX, USA).
- Registros del “Control Lechero Oficial” de 31 granjas de 2015

- Registros de “Control Lechero Oficial” de 23 granjas de 2014 a 2017, que cambiaron de sistema de ordeño convencional a robotizado.

La población de estudio varió en cada uno de los capítulos para poder conseguir los objetivos marcados. Tanto la población detallada como la metodología utilizada se describen a continuación, dividida en tres capítulos correspondientes a los tres estudios llevados a cabo. Nótese que solo el segundo y tercer estudio, incorporó datos de “Control Lechero Oficial”.

### 3.2.1. Capítulo 1. Study on the major welfare problems of dairy cows from the Galicia region (NW Spain)

Para este estudio se escogieron 37 granjas de producción de leche de forma aleatoria, en las que se evaluó el bienestar animal según el protocolo WQ. Al ser una elección aleatoria, se analizaron granjas tanto libres como fijas y de tamaños variados en distintas áreas de la Comunidad. El protocolo de evaluación se llevó a cabo por la autora de la presente tesis, para lo que se formó en la realización del protocolo en la Universidad de BOKU, Viena. Las granjas se analizaron de noviembre de 2014 a mayo de 2015 en rebaños de Holstein-Friesian en su totalidad (tabla 5). Es en enero de 2014 cuando se comienza a aplicar el protocolo de WQ visitando una Granja Control, que no se incluyó en el estudio final, para asegurar la correcta realización del mismo. Del total, 6 de las explotaciones disponen de estabulación fija y las 31 restantes son de estabulación libre (tabla 5). Del total de granjas, 12 realizan pastoreo, al menos en invierno.

Tabla 5. Ganaderías de la población de estudio

Explotación	Fecha	Tipo estabulación	Nº de vacas en lactación
1 (control)	5/01/2014	Libre	100
2	16/06/2014	Libre	92
3	01/07/2014	Libre	180
4	18/07/2014	Libre	112
5	21/07/2014	Libre	42
6	17/11/2014	Libre	180
7	18/11/2014	Libre	50
8	18/11/2014	Libre	40
9	26/11/2014	Libre	42
10	27/11/2014	Libre	28
11	27/11/2014	Libre	34
12	28/11/2014	Fija	23
13	28/11/2014	Fija	39
14	28/11/2014	Fija	30
15	02/12/2014	Libre	50
16	02/12/2014	Libre	50
17	03/12/2014	Libre	66
18	04/12/2014	Libre	32
19	04/12/2014	Fija	24
20	04/12/2014	Libre	37
21	04/12/2014	Libre	43
22	15/12/2014	Libre	46

23	15/12/2014	Libre	120
24	15/12/2014	Libre	67
25	18/12/2014	Libre	92
26	18/12/2014	Libre	81
27	19/12/2014	Fija	30
28	19/12/2014	Libre	50
29	28/01/2015	Libre	30
30	28/01/2015	Libre	42
31	02/02/2015	Libre	16
32	02/02/2015	Libre	37
33	02/02/2015	Fija	40
34	04/02/2015	Libre	100
35	19/02/2015	Libre	100
36	19/02/2015	Libre	74
37	07/02/2015	Libre	50
38	19/02/2015	Libre	120

Para evaluar el bienestar se aplicó el protocolo WQ (Welfare Quality, 2009), traducido para recoger fácilmente todos los datos en las granjas. El protocolo indica el tamaño de muestra que se debe seguir en cada caso como se indica en la tabla 6.

**Tabla 6. Tamaño de muestra a medir según el tamaño del rebaño (WelfareQuality, 2009).**

Tamaño rebaño	Tamaño muestra
30	30
40	30
50	33
70	41
100	49
150	59
200	65
250	70
300	73

Todas las visitas a las granjas fueron programadas para llegar tras el primer ordeño de la mañana, cuando se les reparte comida a las vacas en el pasillo de alimentación, lo cual facilitará la medida de la distancia de huida para obtener el criterio de “la relación humano-animal”. Para ello, el observador se coloca a 3 metros en frente de las cornadizas, mientras el animal se encuentra con la cabeza completamente fuera, normalmente comiendo, en el pasillo de alimentación. Tras posicionarse mirando a la cruz del animal, se acerca despacio hacia el mismo, con un brazo extendido (figura 8). Se clasificarán como positivas o negativas según el siguiente criterio (WelfareQuality, 2009):

- Positivas: animales que se dejan tocar o si no se alejan a más de 10 cm del observador

- De 0 a 50 cm: se quedan tranquilas en su posición hasta que el observador está a menos de 50 cm, momento en el que la vaca saca la cabeza de la cornadiza y retrasa su posición.
- De 50 a 100 cm: las que se apartan de la mano del observador cuando éste está entre 50 y 100 cm alejado de la vaca.
- Negativas: Las que no se dejan tocar, retrasándose cuando el observador está a más de 100 cm de distancia del animal.



**Figura 8. Imágenes tomadas durante la evaluación de bienestar. Medición de la distancia de huida para el indicador relación humano animal**

El segundo paso es observación directa de los comportamientos según el etograma detallado en el protocolo. Durante este proceso, no se sigue el tamaño de muestra indicado en la tabla 6, si no que se toman datos de todos los animales observados. Para ello, se divide la granja en segmentos o espacios imaginarios según el tamaño de la explotación y se hace una observación detallada de los animales durante el tiempo estipulado por segmento. Por ejemplo, en una granja de unas 100 vacas en lactación, se podría dividir en 5 espacios imaginarios, para no observar nunca más de 20 animales por espacio y se observan durante 12 minutos cada uno. El observador tiene que tomar nota y hacer un recuento exhaustivo del número de animales que se encuentra:

- Comiendo o bebiendo

- En pie
- Tumbadas: de las que se diferencian tumbadas en la cama total o parcialmente o fuera del área de descanso (figuras 9, 10 y 11).



**Figura 9.** Imágenes tomadas durante la evaluación de bienestar. Animal evaluado como tumbada totalmente fuera del área de descanso.



**Figura 10.** Imágenes tomadas durante la evaluación de bienestar. Animal evaluado como tumbada parcialmente fuera del área de descanso



Figura 11. Imágenes tomadas durante la evaluación de bienestar. Animal evaluado como tumbada correctamente dentro del área de descanso.

Es durante este tiempo, que se tomará nota de cada vez que un animal realiza un desplazamiento forzado, un cabezazo, se pelea con otro animal, o empuja a otro haciendo que este se levante de la cama o deje de comer. Igualmente se registran los animales tosiendo, todo como viene recogido en el protocolo. Todos los etogramas a seguir vienen descritos detalladamente, para poder anotar los comportamientos de una manera fiable.

El tercer paso en la toma de datos consiste en que el observador debe entrar en el espacio donde se encuentran los animales, para estar en contacto con ellos y observar detalladamente vaca por vaca, para ir anotando diferentes indicadores. Se debe respetar el tamaño de muestra (tabla 6) y en cada uno de esos animales se tomarán los siguientes datos:

- condición corporal, que nos dará la información para el criterio de ausencia de hambre
- limpieza en ubres, patas y flancos La limpieza se valora entre sucio y no sucio, tomando como sucio, cuando el animal presenta placas de barro o estiércol pegado a la superficie de la piel
- calvas, lesiones y heridas en distintas partes del cuerpo de la vaca: tarsos, cuarto trasero, cuello/escapulas/lomo, carpos, flanco/lado/ubres y otros. Todas las alteraciones del tegumento se clasifican en ninguna presencia (0), presencia moderada (1), y presencia severa (2). Una alteración severa se considerará cuando ésta sea tan grande como la palma de la mano o sean pequeñas alteraciones repetidas por la zona del cuerpo estudiada (figura 12). Para indicio de enfermedad,

se diferencian entre descarga nasal (figura 14), descarga ocular (figura 13), respiración dificultosa, descarga vaginal, diarrea o cojeras. Las cojeras se evaluarán observando directamente al animal al caminar como indica el protocolo. Entre todas estas medidas clínicas se diferencia entre severa y moderada



**Figura 12.** Imagen de una lesión severa en pata delantera tomada durante la evaluación WQ

**Figura 13.** Imagen de secreción ocular en una vaca tomada durante la evaluación WQ.

**Figura 14.** Imagen secreción nasal tomada durante la evaluación WQ.

En el cuarto paso, una vez realizadas las mediciones en el animal, se procede al chequeo de cada bebedero que haya en el establo. Se deben tomar medidas del número, limpieza y funcionamiento, de cada uno de ellos, observando si el flujo de agua es mayor o menor a 18 L/min (figuras 15, 16 y 17).

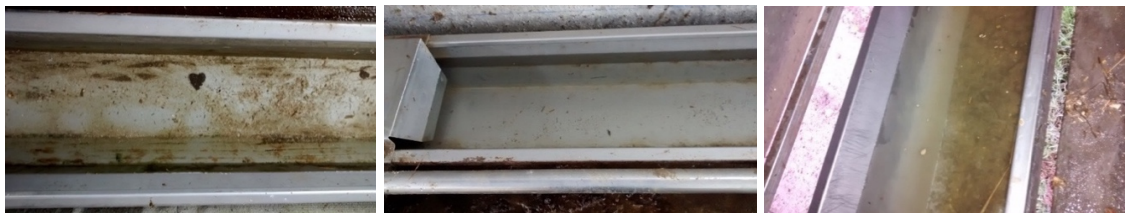


Figura 15. Bebedero parcialmente sucio según el protocolo WQ.

Figura 16. Bebedero limpio según el protocolo WQ.

Figura 17. Bebedero sucio según el protocolo WQ.

Durante toda la visita en granja, hemos de estar pendientes, para observar el instante en el que cualquier vaca se tumba y poder cronometrar el tiempo que tarda en ello. Como mínimo, por granja debe medirse el tiempo que tardan en tumbarse 6 animales desde que la vaca apoya el primer corvejón delantero hasta que se tumba totalmente con las patas de atrás.
































Por último, siempre respetando los tiempos del ganadero, se le realizará una pequeña encuesta directa, mediante cuestionario, para obtener información detallada de:









- . Media anual del número de animales (para detectar cambios importantes en el censo).
- . Pastoreo: si es positivo o negativo, es decir si los animales, pastorean al menos 6 horas al día cuando las condiciones meteorológicas lo permiten. Este factor es independiente del tipo de explotación ya sea fija o libre.
- . Salida al exterior: si se realiza en el pasto o a un área recreativa que suelen ser pequeños recintos anexionados a la granja.
- . Corte de colas: Se contabiliza que un granja lo realiza cuando existe en al menos el 15% de los animales sin cola.
- . Descornado o desmochado: Se contabiliza que un granja lo realiza cuando existe en al menos el 15% de los animales. Se registra cómo se realiza, por tratamiento químico (normalmente pasta cáustica) o térmico (con pistola de termo cauterización), si se utilizan anestésicos o analgésicos y con qué edad.
- . Número de animales con distocia en el último año.
- . Número de vacas caídas en el último año.
- . Porcentaje de mortalidad en el último año.
- . Recuento de células somáticas en leche

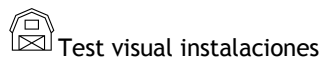
Al final de todo el protocolo, WQ indica, unos nuevos 10 minutos de observación global de todos los animales de la granja para evaluar el comportamiento cualitativo de las vacas diferenciando aspectos de comportamiento, en las que se valoran los siguientes estados emocionales: activas, relajadas, temerosas, agitadas, calmadas, contentas, indiferentes, frustradas, amigables, aburridas, juguetonas, positivamente ocupadas, vivaces, inquisitivas, irritables, inquietas, sociables, apáticas, felices, angustiadas.

El resumen de las medidas tomadas en granja se representa en la tabla 7, diferenciando entre si se realizan por observación directa de animales, de instalaciones, o en datos recopilados en una entrevista con el ganadero.

**Tabla 7. Resumen de las medidas tomadas en granja. El símbolo de la vaca indica cuales son en el animal para diferenciarlas de las que se midieron observando las instalaciones.**

Medida	Descripción	Método
Ausencia de hambre prolongada	Condición corporal.	
Confort en el descanso	El tiempo necesario para tumbarse	
	El golpeo de los animales con materiales del cubículo el al tumbarse	
	El número de animales tumbados total o parcialmente fuera del área de descanso	
	La limpieza de ubres, flancos y patas	
Libertad de movimientos	Estabulación libre	
	Estabulación fija	
	Acceso a pasto (mínimo 6 horas/día)	
	Acceso al exterior pero no al pasto	
Ausencia de lesiones	Severidad de las cojeras	
	Alteraciones piel y tegumento	
Ausencia de enfermedad	Tos y secreción nasal	
	Secreción ocular	
	Dificultad respiratoria	
	Diarreas	
	Secreción vaginal	
	Recuento de células somáticas en leche individual por vaca	
	% mortalidad	
	Número distocias en el último año	
	Número de vacas en el último año	
Ausencia de dolor en procesos de manejo	Desmochado/descornado	
	Corte de colas	
Manifestación de comportamientos sociales anormales o agonísticos	Desplazamientos forzados	  
	Cabezazos	  
	Peleas	  

	Persecuciones	
Manifestación de otros comportamientos naturales	Pastoreo (+) o (-)	
Relación humano-animal adecuada	Distancia de huida	
Evaluación del comportamiento cualitativo	Valoración de las emociones en el grupo	
Evaluación de los bebederos	Limpieza	
	Longitud	
	Funcionamiento	
Datos explotación	Media anual del número de animales	



### 3.2.2. Capítulo 2. Associations between on farm welfare, milk production, and reproductive performance in dairy herds in Northwestern Spain.

Con el objetivo de omitir diferencias en el modelo, se escogieron las 31 granjas de estabulación libre mencionadas en el apartado anterior. Para cada una de las ganaderías, se extrajo la información facilitada por el “Control Lechero Oficial”, que incluye:

- Media de partos para el año 2015 por granja.
- Producción normalizada a 305-d de aquellas vacas que finalizaron una lactación en 2015.
- Media del valor genético para los kilos de leche.
- Porcentaje de grasa y proteína media por lactación normalizada a 305-d.
- La media del IPC de las vacas que estaban gestantes en 2015.
- Media del valor genético para IPC.

Los valores genéticos para la producción lechera fueron calculados por CONAFE Confederación Nacional de Frisona Española, entidad encargada de realizar las evaluaciones genéticas en ganado frisón en España, para lo cual se utiliza la metodología BLUP Modelo Animal (del inglés: *best linear unbiased prediction, mejor predicción lineal no sesgada*), metodología descrita por Henderson (1975). Las lactaciones normalizadas a 305-d, así como los porcentajes de grasa y proteína se calcularon mediante el método Fleischman (CONAFE, 2010)

### 3.2.3. Capítulo 3. Robot milking and relationship with culling rate in dairy cows.

Para este estudio se escogieron otras ganaderías diferentes respecto a los estudios anteriores, ya que en la población de estudio previa no había ninguna ganadería con cambio del sistema de ordeño. Se seleccionaron 23 ganaderías en “Control Lechero Oficial” que criaban raza Holstein-Friesian, en las que se instaló un AMS entre febrero de 2009 y octubre de 2014. Solo se incluyeron granjas en este periodo y siempre que instalasen el AMS antes de noviembre de 2014, para que los datos de la muestra durasen al menos un periodo de 3 años desde la instalación del AMS y la colección de datos retrospectivos que obtuvimos en noviembre de 2017. Por otra parte, se consideraron solo las ganaderías que no hicieron ningún otro cambio sustancial en las instalaciones, para objetivar en qué afecta el cambio de sistema de ordeño convencional a AMS. La media de vacas por rebaño de las ganaderías de la muestra fue de 71 vacas en ordeño al entrar en el estudio.

Los registros de descarte de estas 23 granjas se recogieron en las visitas de “Control Lechero Oficial”. En estas visitas, el/la técnico/a recogió datos de los descartes según la normativa oficial que rige el “Control Lechero Oficial” en España, el Real Decreto 368/2005 (Boletín Oficial del Estado 97, de 23 de abril de, 2005), Este decreto se ha actualizado recientemente, explicado en los antecedentes, pero durante el periodo de estudio se recogieron los registros según la normativa vigente en ese momento, que incluía:

- Muerte/Sacrificio urgente: Son los casos en que los animales se sacrifican o aparecen muertos en la explotación por desórdenes metabólicos, accidente, toxemia, peritonitis, pericarditis o infección sistémica.
- Sacrificio por improductividad: cuando las vacas no producen lo suficiente y se descartan
- Sacrificio por problemas en la ubre: descartes por mamitis, pérdida de uno o más cuarterones, o ubre descolgada.
- Sacrificio por infertilidad: los animales se descartan por problemas reproductivos (como infertilidad, vacas estériles, abortos, metritis o fetos momificados)
- Sacrificio por campaña de saneamiento: Se descartan por erradicación de los programas de enfermedades declaradas como zoonosis como la tuberculosis.
- Cojeras: Los animales se descartan por problemas musculo-esqueléticos como laminitis, infección del casco, etc.

• Sacrificio por otras causas: Los animales se pueden descartar por alguna razón que no está específicamente incluida en las causas anteriores.

La leche total por lactación se consideró como la producción láctea normalizada y corregida a 305-d como describe el método Fleischmann (International Committee for Animal Recording, 2004).

Los datos de las 23 granjas del estudio se recogieron en un periodo de 5 años y se dividieron en 3 fases (figura 18):

- Fase 1: los dos años anteriores al cambio de sala de ordeño a AMS
- Fase 2: el primer año tras el cambio de sala de ordeño a AMS.
- Fase 3: el segundo y tercer año después de la instalación del AMS.

En total, el estudio incluyó 3.496 vacas que tuvieron al menos un parto en el periodo de 5 años estudiado.

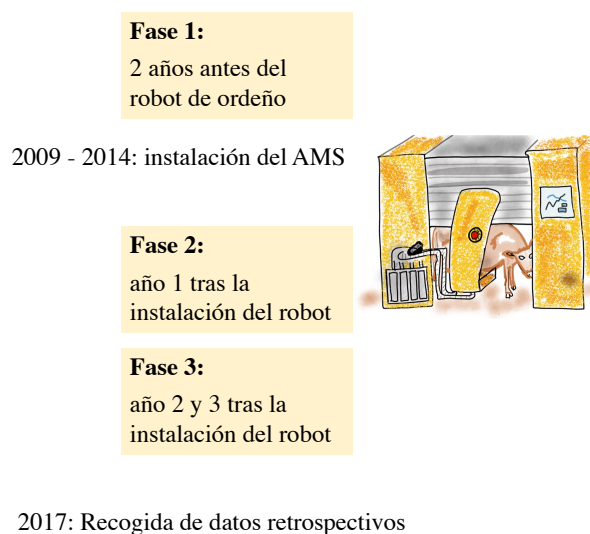


Figura 18. Esquema de las fases del estudio de duración de 5 años

### 3.3. Análisis estadístico

El análisis estadístico también difiere entre los tres estudios por lo que se describen individualmente a continuación.

#### 3.3.1. Capítulo 1. Study on the major welfare problems of dairy cows from the Galicia region (NW Spain)

El protocolo WQ define 63 medidas que se agregan en tres pasos, primero a 12 criterios para definir los cuatro principios de bienestar, para lo que se utilizan diferentes tipos de operaciones como árboles de decisión, sumas ponderadas, combinaciones lineales e integrales de Choquet y función de *Spline* (Welfare Quality, 2009). En el mismo protocolo se incluye una descripción detallada de las operaciones utilizadas para calcular las puntuaciones WQ. Todas las medidas se recogieron en granja inicialmente en formularios en papel y los datos se

transcribieron a Excel (MS, 2016) para después comprobar que no se cometiesen errores de tipificación, para finalmente utilizar el programa modelo que nos facilitaron desde el consorcio WQ.

Todos los análisis estadísticos de este estudio se realizaron con el programa SPSS 15.0 (SPSS Inc, Chicago, IL). Una vez revisadas todas las mediciones, se analizaron los datos para obtener las puntuaciones de los criterios y principios de bienestar detallados en la figura 19.

Posteriormente se calculó la estadística descriptiva para cada una de las medidas en la población estudiada. Además se utilizaron coeficientes de correlación para determinar si las medidas e indicadores se relacionaban entre sí. Para los criterios y los principios de bienestar también se calculó la estadística descriptiva.

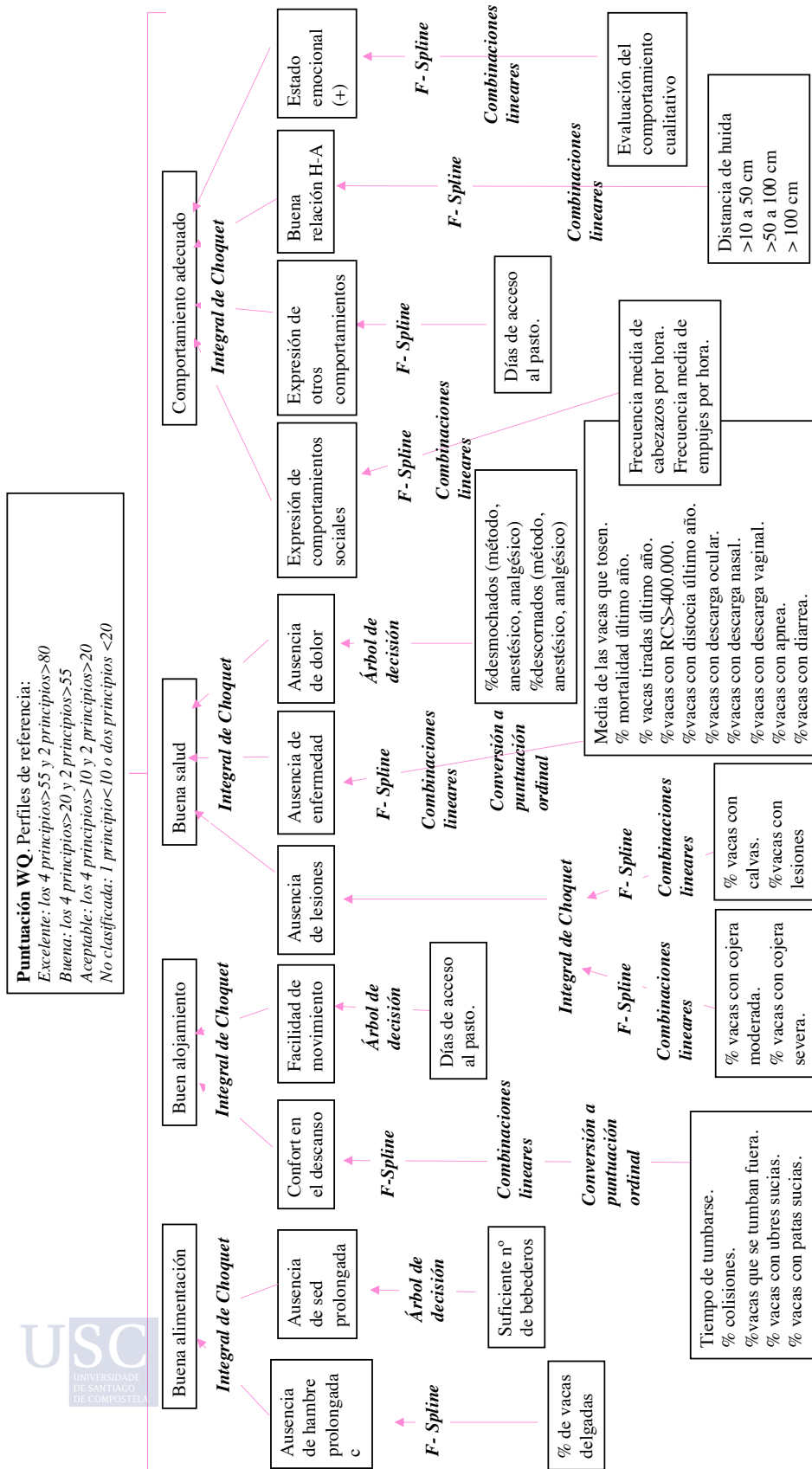


Figura 19. Medidas, criterios y principios WQ y su método de evaluación final (adaptada de Vries et al, (2013a))

### 3.3.2. Capítulo 2. Associations between on farm welfare, milk production, and reproductive performance in dairy herds in Northwestern Spain.

En este estudio como en el anterior, todos los análisis estadísticos de esta fase se realizaron con el programa SPSS 15.0 (SPSS Inc, Chicago, IL).

Para comparar los datos del protocolo y los datos productivos y reproductivos, se calcularon coeficientes de correlación de Pearson (R) para evaluar si se daban asociaciones incondicionales entre las puntuaciones de los principios y criterios WQ y la media de producción corregida a 305-d y el IPC. Los principios o criterios cuyos coeficientes de correlación con la producción o el IPC tenían un nivel de significación menor o igual  $p \leq 0.15$  se analizaron mediante modelos de regresión lineal múltiple. Adicionalmente, se estudiaron las correlaciones entre el número de partos medio de la granja y el valor genético medio de la granja para producción de leche con la producción media de leche a 305 días, y entre el número medio de partos de la granja y el valor genético medio para el IPC con el propio IPC.

Al final, se aplicaron 4 modelos de regresión lineal, en todos ellos usando procedimientos de eliminación retrógrada para evaluar la relación entre las puntuaciones de bienestar y estos valores productivos y reproductivos. El primer modelo incluyó la media de producción por granja a 305-d como variable dependiente y los criterios WQ relacionados con la producción lechera ( $p \leq 0,15$ ) como variables independientes; adicionalmente, se consideraron como variables independientes de control la media de partos por granja y la media del valor genético para la producción de leche. El segundo modelo fue similar, pero en vez de incluir los criterios de bienestar como variables independiente se valoraron los principios WQ.

En el tercer modelo se tomó como variable dependiente el valor IPC medio por granja. Como en el modelo 1 se incluyeron como variables independientes aquellos criterios de WQ cuyo coeficiente de correlación con el IPC fuera  $\leq 0,15$ . Igualmente, se añadieron como variables independientes la media de partos por granja, la media de la producción a 305-d, y la media del valor genético para IPC; siempre y cuando estos valores fueran relevantes para el modelo ( $p \leq 0,15$ ). El cuarto modelo fue similar al tercero tomando los principios WQ como variables independientes en lugar de los criterios.

Para todos los modelos, cuando una variable cambiaba el efecto de los coeficientes sobrantes en más o igual de un 10%, se consideraba como confusora y se mantenía en el modelo, independientemente de su nivel de significación (Doménech, 2004).

Adicionalmente, y para verificar que hubiese independencia entre las variables de todos los modelos, se usó el test Durbin-Watson (DW). En ese caso, el valor del estadístico DW es aproximadamente 2. Para estandarizar la normalidad de los residuos de los modelos de regresión se utilizó el test Kolomogorov-Smirkov (KS), según el cual un valor  $p$  no significativo indica que los datos provienen de una distribución normal. Ya por último, para cuantificar la

colinelidad se utilizó el Factor de inflación de la Varianza (VIF); si este valor se aproxima a 1 indica que la correlación entre las variables es baja.

### 3.3.3. Capítulo 3. Robot milking and relationship with culling rate in dairy cows.

Todos los datos se procesaron en STATA (STATA 11.1., Stata Corp LP, Collage Station, TX, USA). Se utilizaron por un lado test de análisis de varianza para comparar las medias de la producción lechera corregida a 305-d en las 3 diferentes fases del estudio, y por otro lado se aplicaron tests de Bonferroni con múltiples comparaciones. Para ello, solo se utilizaron aquellas lactaciones en las que al menos el 80% de su duración ocurrió en una sola de las fases consideradas.

Posteriormente, se aplicó un modelo de Cox para análisis de supervivencia con el fin de estimar si los descartes durante cada una de las fases consideradas diferían significativamente, para lo que se consiguieron ajustar siete modelos:

- El primer modelo consideró todos los tipos de descartes
- Los siguientes modelos consideraron cada una de las razones de descarte de forma independiente (muerte, bajada de producción, problemas de la ubre, infertilidad, cojeras y otras) a excepción de baja por controles de erradicación (enfermedad de declaración obligatoria o zoonosis). El omitir esta causa de baja del modelo es debido a que son bajas infrecuentes en Galicia.

Los animales entraron en el estudio 2 años antes de que su granja de origen cambiara de sistema de ordeño a AMS (que es el momento que marca el comienzo del período de seguimiento de 5 años) o en su primer parto (cuando una vaca tuvo su primer parto durante el lapso de tiempo de 5 años). En consecuencia para cada animal, el tiempo hasta el descarte se calculó como el número de días desde dos años antes del cambio de sistema de ordeño hasta la fecha de descarte. Para el caso particular de las novillas este tiempo abarcaba desde la fecha de primer parto hasta el día del descarte. Este lapso de tiempo se dividió en registros separados para cada lactación y también para cada fase de estudio (1, 2 o 3). Por lo tanto, el tiempo a riesgo en cada parto comienza en la fecha de parto registrada y termina con *censurado* en la fecha del parto siguiente.

Asimismo, cada vez que una granja entraba en cualquiera de las tres etapas establecidas, se censuraban los registros de cada vaca de esa granja y se creaba un nuevo registro para cada animal (Smith et al., 2010). Por lo tanto, cada vez que paría una vaca, o cada vez que su granja de origen entraba en una nueva etapa (respecto a la instalación de AMS), se censuraba el registro anterior y se creaba uno nuevo (figura 20). Finalmente, se obtuvieron 10.996 registros de las 3.496 vacas involucradas en el estudio. El número de lactaciones y los días en leche (DEL) también se incluyeron como variables independientes en todos los modelos. Con ello, se establecieron tres categorías para cada edad, entre los cuales se definen:

- Vacas de primer parto
- Vacas de segundo parto
- Vacas de tercer parto o en adelante

De acuerdo con los DEL también se establecieron cuatro tipos de categorías:

- Lactación temprana: de 0 a 80 DEL
- Lactación media: de 81 a 200 DEL
- Lactación tardía: más de 200 DEL
- Vaca seca: vaca que ya no está en lactación

Adicionalmente se incluyó en los modelos el término de interacción entre fase (respecto a la instalación del AMS) y número de partos de la vaca, esta variable será igual a 1 cuando la vaca se encontraba en las fases 2 o 3 y era de 3° o mayor parto; y 0 en cualquier otro caso.

A mayores también se tuvo en cuenta en el modelo el año de instalación del AMS como variable de estratificación. Se calcularon estimadores robustos de la varianza para controlar el posible efecto de grupo en un mismo rebaño. Por último para verificar y evaluar que los modelos de supervivencia eran adecuados se utilizó el método residual Cox-Snell descrito por Lee y Wang (2003).

**Tabla 8. Datos de los registros de dos hipotéticos casos, la vaca 1 empieza el modelo en la fase 1 (dos años antes de la instalación del AMS) en la lactación 2 y continúa en la fase 2 y fase 3 hasta el descarte el día. La vaca 2 comienza el registro en la lactación 1 pero 320 días tras que haya empezado el modelo porque es de primer parto.**

Vaca	Fase	Lactación	Tiempo en el modelo (días)	Descarte (evento)
1	1	2	250 (de 0 a 250)	0
1	1	3	460 (de 250 a 710)	0
1	1	4	20 (de 710 a 730)	0
1	2	4	365 (de 730 a 1.095)	0
1	3	4	80 (de 1.095 a 1.175)	0
1	3	5	149 (de 1175 a 1324)	1
2	1	1	355 de (0 a 355)	0
2	1	2	55 (de 355 a 410)	0
2	2	2	300 (de 410 a 710)	1

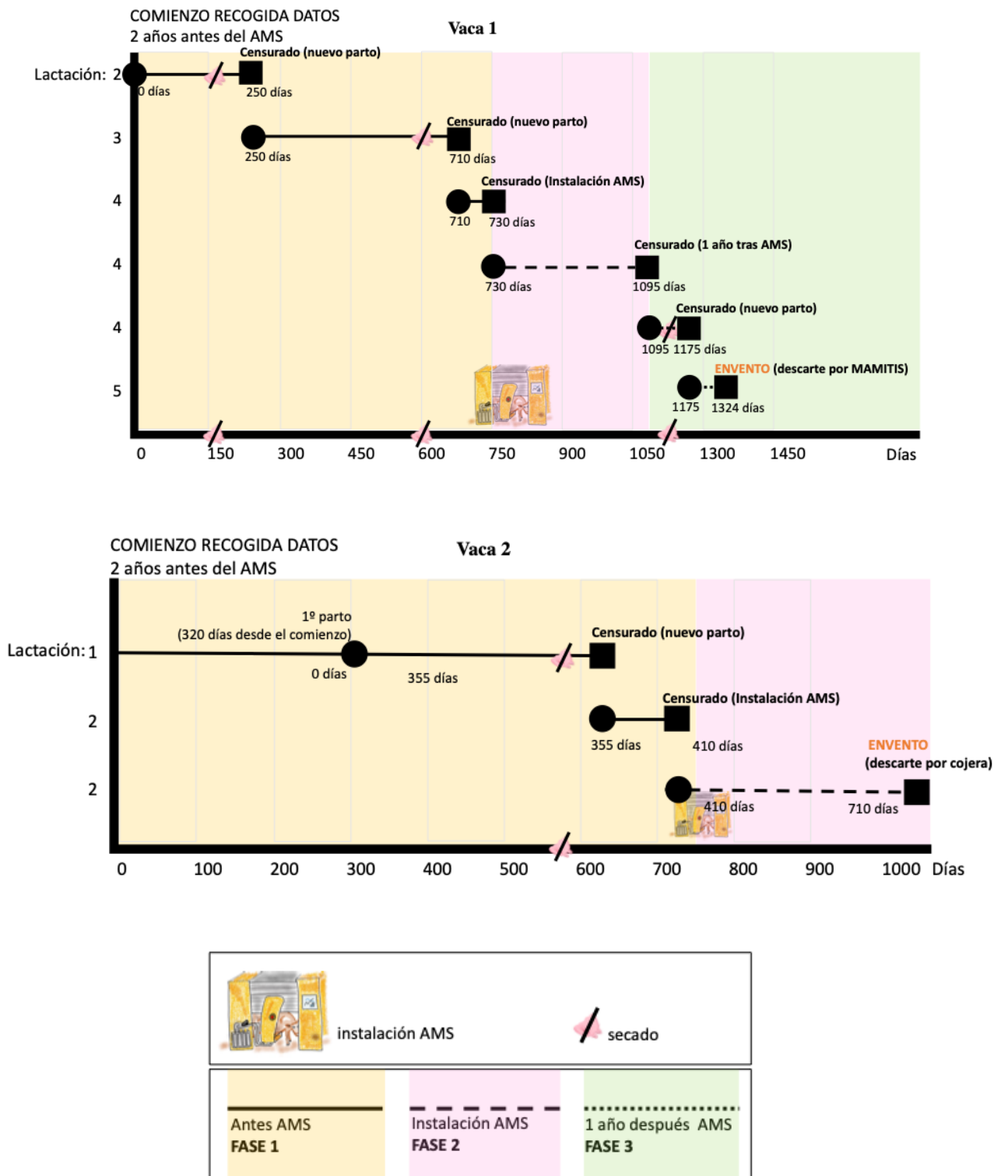


Figura 20. Ejemplo de dos hipotéticas vacas en el modelo (Tabla 7). El seguimiento comienza 2 años antes de la instalación del AMS. Se representa en el eje y las lactaciones y en el eje x el tiempo en días. Se representa el comienzo de cada registro con círculos y el final con cuadrados, cada registro indica el tiempo que pasan en el modelo.

## 4. Resultados

Los resultados obtenidos se describen a continuación divididos en los tres capítulos que conforman la presente tesis.

### 4.1. Capítulo 1: Study on the major welfare problems of dairy cows from the Galicia region (NW Spain).

Los valores obtenidos para las medidas recogidas en granja de acuerdo al protocolo WQ se resumen en la tabla 9. Aquellas medidas que se correlacionan entre sí significativamente, con sus correspondientes valores R, se presentan en la tabla 10. A partir de las medidas que se tomaron en granja, se obtuvieron puntuaciones para cada uno de los once criterios de bienestar que se recogen en el protocolo WQ (el criterio confort térmico no se evaluó por quedar fuera del registro para el ganado lechero como indica el protocolo). Estas puntuaciones se recogen en la tabla 11. Las peores puntuaciones se obtuvieron para los criterios expresión de comportamiento social, expresión de otros comportamientos, estado emocional positivo, y ausencia de dolor inducido por prácticas de manejo. Estos cuatro criterios obtuvieron una puntuación por debajo de 30 sobre 100. En base a los resultados de este estudio, la mayoría de los ganaderos en Galicia desmochan sus animales mediante tratamientos químicos (82,9%) o térmicos (17,1%), pero solo el 2,85% usan analgésicos y ninguna ganadería usaba anestésicos. Por el contrario, la mejor media registrada se relaciona con la facilidad de movimientos, así como a la ausencia de sed.

Como se ha explicado, los criterios se traducen en 4 principios de bienestar que recoge el protocolo. Para estos principios las puntuaciones se presentan en la tabla 12 y en la figura 21. En este estudio la categorización final (junto con intervalos de confianza) que se obtuvo fue la siguiente: para el principio (1) buena alimentación el 5.4% (0%-13.1%) se clasificaron con puntuación “excelente”, el 48.6% (31.7%-65.5%) “aceptable” y el 16.2% (3.8%-28.7%) “no clasificada”. En lo referente al principio (2) buen alojamiento, el 5.4% (0%-13.1%) puntuaron “excelente”, el 64.9% (48.7%-81.0%) “buena” y un 29.7% (14.3%-45.2%) “aceptable”. Para el principio (3) buena salud, todas las granjas se clasificaron como “aceptable”. Por último, el principio (4) comportamiento adecuado, se clasificaron el 2.7% (0-8.2%) como “buena” el 13,5% (1,9%-25,1%) como “aceptable” y el 83,8% (71,3%-96,2%) como “no clasificada”.

**Tabla 9. Estadísticos descriptivos (junto con intervalos de confianza (I.C.) al 95%) de las medidas establecidas en el protocolo WQ recogidas en 37 granjas de vacuno de leche de Galicia.**

Variable	Valor (95% I.C.)	
Prevalencia de vacas delgadas, %	19,40 (14,44-24,36)	
% de bebederos limpios o solo parcialmente sucios	64,90 (49,00-81,00)	
Flujo de agua	% con flujo de agua adecuado	70,27 (54,22-82,51)
	% con flujo de agua parcialmente adecuado	21,62 (11,39-37,20)
Duración en segundos del tiempo en tumbarse	5,73 (5,36-6,10)	
Prevalencia de colisiones contra las instalaciones cuando se tumban %	11,08 (5,30-16,87)	
Prevalencia de animales que se tumban complete o parcialmente fuera del área de descanso, %	2,62 (0,75-4,50)	
Prevalencia of animales con suciedad en las patas, %	72,19 (61,78-82,59)	
Prevalencia of animales con suciedad en las ubres, %	36,47 (26,42-46,51)	
Prevalencia of animales con suciedad en los flancos, %	53,25 (42,55-63,95)	
% de granjas con área recreativa exterior	10,86 (4,29-24,71)	
% de granjas con acceso al pasto	24,32 (13,36-40,12)	
Prevalencia de cojeras, %	3,20 (1,83-4,56)	
Prevalencia de cojera severa, %	10,18 (6,99-13,37)	
Prevalencia de alteraciones del tegumento medio, %	21,42 (15,71-27,12)	
Prevalencia de alteraciones severas del tegumento medio, %	27,67 (21,77-33,56)	
Frecuencia de vacas tosiendo cada 15 min	0,37 (0,00-0,89)	
Prevalencia de descarga nasal, %	5,26 (3,43-7,09)	
Prevalencia de descarga ocular, %	1,03 (0,39-1,66)	
Prevalencia de animales con el ratio respiratorio incrementado, %	1,42 (0,47-2,37)	
Prevalencia de diarrea, %	3,23 (1,69-4,77)	
Prevalencia de descarga vaginal, %	2,85 (1,76-3,95)	
Prevalencia de mastitis, %	0,35 (0,00-0,73)	
Prevalencia sacrificio involuntario, %	4,23 (2,76-5,70),	
Prevalencia de distocia, %	4,50 (2,75-6,25)	
Prevalencia de vacas tiradas, %	2,89 (1,71-4,07)	
% de granjas que realizan descornado	98 (96,20-100,00)	
% de granjas que realizan corte de colas	0,00 (0,00-0,00)	
Frecuencia de golpes por vaca por hora	3,48 (2,67-4,30)	
Frecuencia de otros comportamientos problemáticos por hora	21,22 (15,90-26,56)	
Prevalencia de animales que pueden ser tocados (distancia de huida), %	65,87 (60,41-71,34)	
Prevalencia de animales a os que te puedes aproximar <0,5 m (distancia de huida), %	0,94 (0,00-2,17)	
Prevalencia de animales que te puedes aproximar <1 and >0,5 m(distancia de huida),%	1,10 (0,00-2,36)	
Prevalencia de animales que no pueden ser tocados (distancia de huida), %	31,94 (26,15-37,72)	

Tabla 10. Medidas establecidas por el protocolo WQ correlacionadas significativamente

VARIABLES	R	Valor p
% vacas delgadas/% cojeras severas	0,386	0,018
% colisiones en el momento de tumbarse/% cojeras severas	0,398	0,015
% vacas con las patas sucias/% alteraciones severas del tegumento	0,349	0,035
% vacas con los flancos sucios /% alteraciones severas del tegumento	0,329	0,047
% vacas con los flancos sucios /% cojeras severas	0,522	0,001
% vacas con las ubres sucias /% cojeras severas	0,458	0,004
% vacas con las patas sucias /% mortalidad en el pasado año	0,348	0,035
% vacas con las ubres sucias /% mortalidad en el pasado año	0,369	0,025
% vacas con los sucios /% mortalidad en el pasado año	0,398	0,015
% cojeras severas/% vacas que no se pueden tocar (reflejo de huida)	0,363	0,027
Frecuencia de toses/frecuencia de eventos agresivos (excepto golpes)	0,512	0,001
% vacas con la frecuencia respiratoria aumentada/frecuencia de eventos agresivos (excepto golpes)	0,438	0,007

Tabla 11. Estadísticos descriptivos (valor con intervalo de confianza (I.C.) al 95% y percentiles) en puntuaciones de los criterios de 37 granjas.

Criterios WQ <sup>a</sup>	Media (I.C. 95%)	Percentiles				
		10	25	Mediana	75	90
Ausencia de hambre	40,98 (32,86-49,11)	14,34	29,95	37,50	55,75	82,22
Ausencia de sed	69,00 (56,60-81,39)	26,20	32,00	100,00	100,00	100,00
Confort en el descanso	44,66 (38,23-51,09)	14,72	35,10	45,10	54,75	66,44
Facilidad de movimiento	92,35 (84,86-99,83)	34,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Ausencia de lesiones	49,87 (42,49-57,25)	24,58	32,70	43,20	66,55	83,58
Ausencia de enfermedad	49,41 (41,94-56,89)	24,70	30,20	44,80	60,60	86,00
Ausencia de dolor inducida por el manejo	26,31 (20,18-32,44)	20,00	20,00	20,00	26,35	30,60
Expresión de los comportamientos sociales	4,68 (0,00-10,23)	0,00	0,00	0,00	0,00	12,74
Expresión de otros comportamientos	16,47 (4,60-28,33)	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Buena relación humano-animal	41,02 (34,74-47,30)	21,20	27,50	32,90	51,35	76,00
Estado emocional positivo	23,80	23,80	23,80	23,80	23,80	23,80

<sup>a</sup> Los criterios de WQ se expresan de 0 a 100 donde 0 representan la peor situación, 50 neutra y 100 a la mejor situación

Tabla 12. Estadísticos descriptivos. (valor con intervalo de confianza al 95% y percentiles) de las puntuaciones obtenidas para los principios descritos en el protocolo WQ para las 37 granjas lecheras.

Principios WQ <sup>a</sup>	Media (95% intervalo de confianza)	Percentiles				
		10	25	mediana	75	90
Buena alimentación	44,38 (37,06-51,70)	16,76	28,50	45,40	57,50	73,14
Buen alojamiento	61,75 (56,65-66,85)	33,14	37,00	65,40	70,90	77,18
Buena salud	33,49 (30,46-36,51)	22,44	25,75	32,60	40,90	46,08
Comportamiento adecuado	13,27 (8,82-17,71)	6,20	6,90	8,10	14,35	28,36

<sup>a</sup> Los principios de WQ se expresan de 0 a 100 donde 0 representan la peor situación, 50 neutra y 100 a la mejor situación.

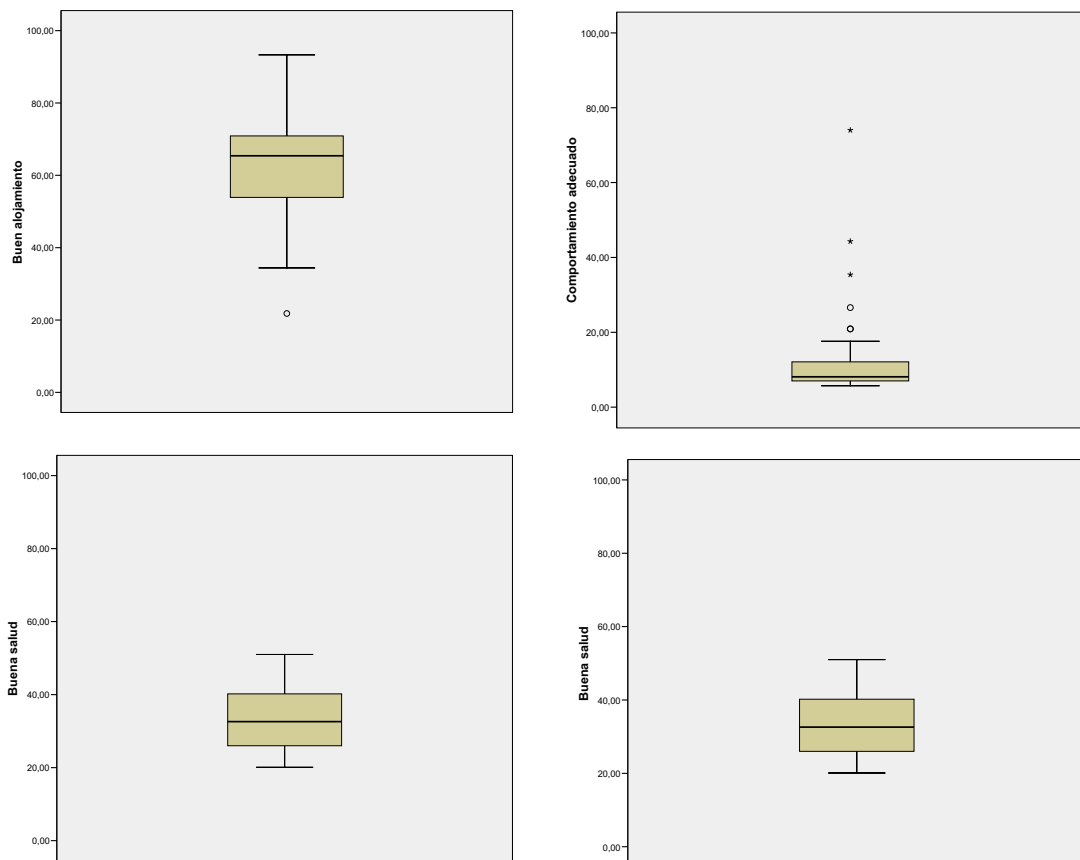


Figura 21. Diagramas de cajas de los resultados de la media por explotación obtenidos para los cuatro principios de WQ, donde se aprecia claramente que el principio con peor puntuación ha sido el de comportamiento adecuado

El resultado general, de acuerdo con el protocolo de WQ las granjas fueron clasificadas en un 94,6% como aceptables una como buena, el 2,7% (0,00-8,18) como buena y otra restante, 2,7% (0-8,18) no clasificada (figura 22).



Figura 22. Porcentajes de la puntuación global estimada de las granjas de la población de estudio.

#### 4.2. Capítulo 2: Associations between on-farm welfare, milk production, and reproductive performance in dairy herds in north-western Spain

En este estudio se compararon las puntuaciones de bienestar obtenidas mediante la aplicación del protocolo WQ del estudio anterior en 31 granjas con estabulación libre.

Inicialmente se comprobó que había diferencias en los dos tipos de granja (tabla 13). Por ello, se trató de estandarizar la muestra y se escogieron las 31 granjas de instalación libre para este segundo estudio. En este trabajo se estudiaron los índices reproductivos y productivos y su relación con la puntuaciones obtenidas en el protocolo. De las granjas descartadas se seleccionaron cinco como granjas test y se obtuvieron medias para los IPC junto con los criterios WQ asignados, con 0,78 como resultado (de 0,94 para ausencia de hambre prolongada a 0,68 para expresión de comportamientos sociales). La media IPC para los principio WQ fue de 0,76 (de 0,83 para buena alimentación a 0,71 para comportamiento adecuado).

**Tabla 13. Comparación de los resultados a los principios WQ en diferenciando entre estabulación libre y fija para las 37 granjas lecheras de Galicia. Se incluyen los tres principios para los que se obtuvieron resultados significativos, excluyendo el principio de buena salud.**

Principios WQ <sup>a</sup>	Tipo estabulación	N	Media	Desviación estándar	Intervalo de confianza para la media al 95%	
		Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite inferior	Límite superior
Buena alimentación	Libre	31	47,8032	21,59586	39,8818	55,7246
	Fija	6	26,7167	14,90026	11,0798	42,3535
	Total	37	44,3838	21,94485	37,0670	51,7006
Buen alojamiento	Libre	31	64,9581	12,75094	60,2810	69,6351
	Fija	6	45,1833	17,75538	26,5502	63,8165
	Total	37	61,7514	15,29309	56,6524	66,8503
Comportamiento adecuado	Libre	31	11,0516	12,33015	6,5289	15,5743
	Fija	6	24,7333	13,30168	10,7741	38,6926
	Total	37	13,2703	13,31943	8,8294	17,7112

<sup>a</sup> Los principios y criterios de WQ se expresan de 0 a 100 donde 0 representan la peor situación, 50 neutra y 100 a la mejor situación

La media e intervalo de confianza para principios y criterios reflejados en el protocolo WQ en las 31 granjas acotadas del anterior capítulo se presenta en la tabla 14.

**Tabla 14. Media con el 95% intervalo de confianza de principios y criterios de las 31 explotaciones del estudio.**

Principio WQ <sup>a</sup>	Media (95% intervalo de confianza)	Criterios WQ <sup>a</sup>	Media (95% intervalo de confianza)
Buena alimentación	47,8 (39,9-55,7)	Ausencia de hambre prolongada	44,7 (35,6-53,7)
		Ausencia de sed prolongada	72,7 (59,5-85,9)
Buen alojamiento	65,0 (60,3-69,6)	Confort en el descanso	44,4 (37,0-51,8)
		Facilidad de movimiento	100 (100,0-100,0)
Buena salud	34,3 (30,9-37,7)	Ausencia de lesiones	52,4 (44,0-60,8)
		Ausencia de enfermedad	52,2 (43,8-60,7)
		Ausencia de dolor producida por procedimientos de manejo	24,5 (19,1-30,0)
Comportamiento adecuado	11,1 (6,5-15,6)	Expresión de comportamientos sociales	1,7 (0,6-2,7)
		Expresión de otros comportamientos	6,5 (0-15,6)
		Buena relación humano-animal	38,5 (32,1- 44,9)
		Estado emocional positivo	23,8 (10,1-37,5)

<sup>a</sup> Los principios y criterios de WQ se expresan de 0 a 100 donde 0 representan la peor situación, 50 neutra y 100 a la mejor situación.

Para la población de estudio, el tamaño de rebaño medio fue de 67,8 vacas (desviación estándar = 41,43, 95% Intervalo de confianza: 52,64 – 83,04). De estas granjas, 25 (80,6%) usaban ración total de carro mezclador y 6 (19,4%) raciones con punteo de concentrado. Todas las vacas del estudio eran Holstein-Friesian. Los estadísticos descriptivos para producción de leche e índices reproductivos obtenidos a partir de “Control Lechero Oficial” se presentan en la tabla 15.

**Tabla 15. Estadística descriptiva para producción láctea y valores reproductivos de las 31 explotaciones incluidas en el estudio.**

	Media (95% intervalo de confianza) <sup>a</sup>	Mediana (min-máx) <sup>a</sup>	Desviación estándar
Media del número de partos de las explotaciones	2,5 (2,3-2,7)	2,4 (1,9-3,4)	0,4
Producción media de leche a 305-d corregida por energía (Kg)	9426,4 (8852,3-10000,4)	9253,8 (7920,4-12642,5)	1191,0
Media del valor genético para la producción láctea	411,1 (365,5-456,7)	409,0 (164,0-595,0)	124,4
Media del IPC (días)	158,1 (151,6-164,6)	156,0 (125,0-218,0)	17,7
Media de valor genético por IPC	103,7 (93,7-114,7)	102,9 (81,0-132,0)	9,3

<sup>a</sup> Datos obtenidos de “Control Lechero Oficial”

Los criterios WQ que se pueden correlacionar (considerando un valor  $p \leq 0,15$ ) con la producción de leche corregida a 305-d ; fueron: ausencia de hambre prolongada ( $R = 0,60$ ;  $p = 0,033$ ), ausencia de sed prolongada ( $R = 0,41$ ;  $p = 0,147$ ) y confort en el descanso ( $R = 0,49$ ;  $p = 0,066$ ). De ese mismo modo, solo un principio de los cuatro recogidos en el protocolo WQ se correlacionó con la producción de leche 305-d; éste fue el de buena alimentación ( $R=0,67$ ;  $p = 0,011$ ). Asimismo, se correlacionó el valor genético con la producción de leche 305-d y se obtuvo una  $R = 0,53$ ;  $p < 0,001$ .

El IPC se correlaciona incondicionalmente ( $p \leq 0,15$ ) con los siguientes criterios de WQ: facilidad de movimiento ( $R = -0,37$ ;  $p = 0,136$ ), ausencia de lesiones ( $R = -0,46$ ;  $p = 0,078$ ), ausencia de dolor inducido por procedimientos de manejo ( $R = -0,57$ ;  $p = 0,039$ ), expresión de comportamiento social ( $R = -0,56$ ;  $p = 0,041$ ) y expresión de otros comportamientos ( $R = -0,56$ ;  $p = 0,041$ ). Asimismo, con los principios WQ de buena salud ( $R = -0,55$ ;  $p = 0,032$ ) y comportamiento apropiado ( $R = -0,50$ ;  $p = 0,018$ ). Igualmente, la producción de leche corregida a 305-d, está incondicionalmente correlacionada con el IPC ( $R = -0,381$ ;  $p = 0,020$ ).

El primer modelo de regresión nos indica que la media de producción láctea corregida a 305-d se incrementaba en 22,33 kg por cada unidad que aumentaba el criterio ausencia de hambre prolongada (tabla 16). Asimismo, por cada unidad que se incrementaba el valor genético medio de la granja para producción de leche, se incrementaría en 3,26 kg la producción media de leche a 305-d (tabla 16).. La R-cuadrado mostró que el 42,8% de la varianza en la

media de la producción por granja a 305-d se explicaba por estas dos variables. Las variables restantes, que no contribuían al modelo se eliminaron.

En el segundo modelo de regresión, la variable dependiente era la misma media de producción láctea corregida a 305-d, pero las independientes eran los 4 principios de bienestar. Para cada unidad que aumentaba el principio de buena alimentación, se incrementaba 26,49 kg la producción de leche a 305-d. Como en el primer modelo, se incrementa también en 2,96 kg por cada unidad de incremento en el valor genético para producción de leche. El porcentaje de proteína, así como otras variables se eliminaron del modelo porque en este caso, tampoco contribuían al resultado (tabla 16). La R-cuadrado indicó para este modelo que el porcentaje de varianza explicada era del 40,6%.

Para la comparación IPC y bienestar animal se calcularon también dos modelos (tercero y cuarto). El tercer modelo, mostró que al incrementar en 10 unidades las puntuaciones de ausencia de dolor inducida por el manejo, expresión de comportamiento social y ausencia de lesiones; la media por granja de IPC disminuía en 1,77; 0,80 y 0,29 días, respectivamente (tabla 17). En este caso, el modelo explica 19,2% de varianza en el IPC. Por último, el cuarto modelo, indicó que la media por granja de IPC decrecía en 0,53 días cuando la puntuación para comportamiento adecuado se incrementaba en 10 unidades. Del mismo modo, el IPC decrece en 1,08 días por cada 10 unidades en el principio de buena salud (tabla 17) La R-cuadrado para este modelo fue 26,90%.

Para los cuatro modelos los valores *Durbin Watson* (DW) fueron: 2,15; 1,93; 1,86 y 1,89 respectivamente. Los valores *p* para el test *Kolmogorov Smirnov* (KS) no fueron significativos en ninguno de los casos, siendo estos: 0,483; 0,538; 0,255 y 0,585. La media del factor de inflación de la varianza (VIF) fue: 1,02; 1,00; 1,08 y 1,00.

**Tabla 16. Resultados de los dos modelos de regresión lineal que tienen como variable dependiente la media producción corregida a 305 días. Modelo 1 incluye los criterios de bienestar como variables independientes y el modelo 2 los principios de bienestar de las 31 explotaciones de la población de estudio**

(1)		Coefficiente B	Error estándar	Valor p	95% I.C. para B	
	Constante	7759,96	902,63	<0,001	5846,49	9673,50
	Ausencia de hambre prolongada <sup>a</sup>	22,33	10,01	0,037	1,82	42,83
	Valor genético para producción lechera <sup>a</sup>	3,26	1,50	0,041	0,19	6,33
(2)	Constante	7686,70	844,06	<0,001	5897,35	9476,04
	Buena alimentación <sup>a</sup>	26,49	11,80	0,031	2,31	50,66
	Valor genético para producción lechera <sup>a</sup>	2,96	1,43	0,048	0,04	5,89

<sup>a</sup> Los principios y criterios de WQ se expresan de 0 a 100 donde 0 representan la peor situación, 50 neutra y 100 a la mejor situación.

**Tabla 17. Resultados de los dos modelos de regresión lineal en los que la variable dependiente es la media por ganadería de IPC. El modelo 3 depende de los criterios WQ y el modelo 4 depende de los principios WQ de las 31 explotaciones estudiadas.**

		Coeficiente B	Error estándar	Valor p	95% I.C. para B	
(3)	Constante	164,85	30,42	<0,001	102,62	227,08
	Ausencia de dolor inducida por manejo (puntuación x10) <sup>a</sup>	-1,77	0,83	0,039	-3,47	-0,067
	Ausencia de lesiones (score x10) <sup>a</sup>	-0,29	0,14	0,050	-0,57	-0,001
	Expresión de comportamiento social (score x10) <sup>a</sup>	-0,80	0,37	0,042	-1,56	-0,037
(4)	Constante	157,58	11,63	<0,001	133,85	181,30
	Buena salud (score x10) <sup>a</sup>	-1,08	0,52	0,047	-2,15	-0,007
	Comportamiento apropiado (score x10) <sup>a</sup>	-0,53	0,21	0,021	-0,97	-0,087

<sup>a</sup> Los principios y criterios de WQ se expresan de 0 a 100 donde 0 representan la peor situación, 50 neutra y 100 a la mejor situación.

### **4.3. Capítulo 3: Robot milking and effect on mortality rates in dairy cows from the Galicia region (NW Spain)**

Para este estudio se escogieron 23 ganaderías de leche en Galicia con AMS en “Control Lechero Oficial”. Se consideraron 3 fases para analizar el efecto de la inclusión del robot de ordeño a las 23 explotaciones. Las tres fases se diferencian por periodos de tiempo especificados en material y métodos e incluyen 3 fases.

El estudio incluye información de 2.052 descartes que se producen durante el periodo mencionado. Los datos indicaron que la producción de leche normalizada a 305-d es significativamente mayor en las fases 2 y 3 que en la fase 1 (tabla 18). De los 2.052 descartes que ocurrieron en total tras los 5 años que se incluyen en el estudio, 688 (22,5%) fueron debido a muerte o sacrificio urgente, 151 (7,4%) por improductividad, 320 (15,6%) por mastitis, 456 (22,2%) por infertilidad, 229 (11,2%) debido a otras causas, 6 (0,3%) por programas de erradicación de enfermedades y 202 (9,8%) por cojeras. Los ratios de mortalidad fueron: 1,311; 1,981 y 1,903 por cada 1.000 animales día a riesgo, para las fases 1, 2 y 3, respectivamente.

Los modelos de regresión Cox (tabla 19) indicaron que el riesgo total de descarte fue 1,523 ( $p < 0,001$ ) y 1,594 ( $p < 0,001$ ) veces mayor en las fases 2 y 3 que en la fase 1, después de controlar por número de parto y efecto de rebaño.

A pesar de ello, el riesgo de muerte o sacrificio urgente fue 0,792 ( $p = 0,032$ ) y 0,835 ( $p = 0,045$ ) veces menor para las fases 2 y 3 que para la fase 1. El riesgo de descarte por improductividad era 2,150 ( $p < 0,001$ ) y 2,621 ( $p < 0,001$ ) veces mayor durante las fases 2 y 3 que en la fase 1, mientras que el riesgo de descartes por mastitis fue 2,525 ( $p < 0,001$ ) y 2,939 ( $p < 0,001$ ) veces mayor en las fases 2 y 3 que en la fase 1. El cambio de sistema de ordeño también aumentó el riesgo de descarte por infertilidad; para este caso los datos indican que hubo

2,522 ( $p < 0,001$ ) y 2,316 ( $p < 0,001$ ) veces mayor riesgo en las fases 2 y 3 que en la fase 1. Como en el resto de los casos, el riesgo de descartar por otras causas aumentaba 1,464 ( $p < 0,001$ ) veces en la fase 2 en comparación con la fase 1, sin haber diferencias significativas entre la fase 3 y la fase 1. Finalmente, el riesgo de descartar por cojeras se incrementa 1,653 ( $p < 0,012$ ) y 2,281 ( $p < 0,001$ ) veces durante las fases 2 y 3 respectivamente, en comparación a la fase 1.

El término de interacción no resultó significativo en ninguno de los modelos analizados. Las líneas generadas a partir de los residuos de Cox-Snell frente a las estimaciones de riesgos acumulados no mostraron grandes divergencias con respecto a la línea de referencia (intersección = cero y pendiente = 1)

**Tabla 18. Producción láctea corregida a 305-d de cada uno de los fases, (fase 1) 2 años antes del cambio en el sistema de ordeño, (fase 2) un año después y (fase 3) años 2 y 3 tras el cambio.**

Producción láctea 305-d (sin corrección por energía)	Fase	Media	95% de intervalo de confianza	
	1	10,035	9,962	10,108
2	10,232	10,232	10,408	
3	10,230	10,230	10,399	

	Muerte/ sacrificio de emergencia		Baja producción		Problemas de la ubre		Infertilidad		Otras causas		Cojeras	
	HR (SE)	p	HR (SE)	p	HR (SE)	p	HR (SE)	p	HR (SE)	p	HR (SE)	p
Fase (Fase 1 es la base)												
2	0,71 (0,148)	0,050	2,15 (0,664)	0,013	2,55 (0,854)	0,005	2,39 (0,350)	<0,001	1,41 (0,560)	0,287	1,68 (0,433)	0,050
3	0,81 (0,098)	0,045	1,64 (0,323)	0,011	1,76 (0,250)	<0,001	1,88 (0,194)	<0,001	1,11 (0,237)	0,239	1,76 (0,330)	0,002
Parto (1° es la base)												
2	1,62 (0,120)	0,001	0,83 (0,357)	0,559	2,19 (0,292)	<0,001	1,96 (0,245)	<0,001	2,39 (0,367)	0,001	3,33 (0,394)	<0,001
≥ 3	1,83 (0,106)	<0,001	1,26 (0,301)	0,345	2,70 (0,272)	<0,001	2,95 (0,231)	<0,001	5,13 (0,335)	<0,001	5,74 (0,367)	<0,001
Estado de lactación (secado es la base)												
Temprana	3,97 (0,139)	<0,001	0,34 (0,159)	<0,001	0,14 (0,156)	<0,001	0,20 (0,146)	<0,001	0,20 (0,152)	<0,001	0,18 (0,123)	<0,001
Media	2,74 (0,117)	<0,001	0,47 (0,155)	<0,001	0,21 (0,135)	<0,001	0,20 (0,134)	<0,001	0,41 (0,123)	<0,001	0,65 (0,135)	<0,001
Tardía	2,55 (0,103)	<0,001	1,09 (0,137)	0,205	0,57 (0,125)	<0,001	0,50 (0,127)	<0,001	0,57 (0,107)	<0,001	0,77 (0,157)	0,047

Tabla 19. Resultados obtenidos de los seis modelos de supervivencia Cox, definido en “razón de riesgos” (Hazard ratio - HR) para conocer el efecto que produce en los descartes de las 23 explotaciones lecheras, el cambiar de un sistema de ordeño convencional a un AMS.

## 5. Discusión

A día de hoy, y como ocurre en el resto de los países desarrollados, en Galicia el tamaño de las granjas de vacuno lechero está aumentando. Las granjas pequeñas y medianas están desapareciendo rápidamente. Así como el número de granjas disminuye, el rendimiento medio por vaca en Galicia casi se ha doblado en las últimas décadas, traduciéndose en que, en los últimos 20 años se ha incrementado un 41% de la producción media por vaca en ganaderías de “Control Lechero Oficial” con un incremento anual del 1,8 %, llegando a un total de 10.438 kg en lactaciones a 305-d en 2019 (AFRICOR, 2020). En 2016 este número representaba 9.930 kg (AFRICOR, 2017) similar a los 9.426 kg de la población estudiada. La media del IPC era de 151 días para Galicia en granjas tanto fijas como libres y de 161 días para la población de estudio que solo incluye estabulaciones libres. Globalmente, este hecho envuelve cambios en el manejo que afecta tanto positiva como negativamente al bienestar animal. Varios estudios sugieren que el público en general tiene la percepción de que en las granjas de mayor tamaño hay peor bienestar (Lassen *et al.*, 2009; Tonsor *et al.*, 2009), pero, al contrario, los ganaderos encuentran que el tamaño de la granja no está relacionado con el bienestar animal (Vanhonaker *et al.*, 2008). Robbins *et al.* (2016), hacen una revisión completa de la relación entre tamaño del rebaño y bienestar analizando múltiples publicaciones de varios países que puedan relacionar estas categorías, sin encontrar ninguna consistencia entre ellas; probablemente porque el tamaño de la ganadería afecta a muchas otras cualidades. Sin embargo, otros estudios de Heuwieser *et al.* (2010) o Russell y Bewley (2013), indicaban que las ganaderías de mayor tamaño se asocian con un mejor manejo y planes de salud junto con más visitas de veterinarios especializados que en las granjas de menor tamaño.

Casi todas las granjas de la población de estudio se clasificaron como aceptables para el resultado global del protocolo WQ. Este resultado parece acorde con el resto de los estudios que han aplicado este protocolo, donde en las primeras pruebas no se clasificó ninguna de las ganaderías como excelente, lo que posiblemente ha sido uno de los mayores obstáculos para poder utilizar el protocolo en líneas de certificación de las ganaderías (Blockhuis *et al.*, 2013). Los resultados en puntuaciones globales del protocolo han sido analizados en varios países. Al comienzo el proyecto WQ disponía de 69 ganaderías donde demostraron que el método de evaluación era el adecuado, aunque es cierto que las puntuaciones de ganaderías excelentes no se llegaron a conseguir en ninguna de ellas. Estudios posteriores, como el de De Vries *et al.*, (2011b, 2013a), analizando 196 ganaderías de leche de Holanda, obtuvieron puntuaciones distintas, en las que 16 ganaderías puntuaron no clasificada, 85 como aceptable, 78 como buena y ninguna como excelente. En este caso sorprende que sí pudieron puntuar bastantes

explotaciones como buenas, a diferencia de anteriores resultados, o como observamos en nuestro estudio en Galicia. Posiblemente el sistema de puntuación sea severo para este protocolo, pero de cara a la utilidad de éste (que se basa en la detección de problemas de bienestar), evaluar a la baja es posiblemente positivo. Esto hace posible aplicar la utilidad para la que se ha diseñado el protocolo, que es detectar deficiencias en el bienestar global de la granja mediante evaluación directa.

El segundo estudio de la tesis centra su objetivo en analizar la producción y su relación con el bienestar. Este tipo de estudios comparativos son importantes, y sobre todo en regiones con alta producción lechera como es Galicia, ya que suelen disponer de servicios de “Control Lechero Oficial” muy eficientes que podrían facilitar datos a la hora de evaluar el bienestar. Clasificar el bienestar animal por medidas basadas en el animal, consume mucho tiempo, lo que se traduce en que son sistemas poco rentables. Por ello es importante tener medidas de control inicial para poder hacer una preclasificación (de Vries *et al.*, 2016). Un estudio en Dinamarca de la mano de Andreasen *et al.* (2014), comparó dos sistemas de evaluación del bienestar con el objetivo de ahorrar tiempo a la hora de evaluar el bienestar en granja, concluyendo que muchas de las medidas del protocolo WQ se podrían simplificar. En el segundo estudio de esta tesis se correlacionan criterios y principios de bienestar con la producción a 305-d e IPC que se podrían interpretar como paso previo a la evaluación global del bienestar global en las ganaderías que dispongan de estos datos y, aunque harían falta más estudios que lo verificasen en la práctica en el futuro, podrían servir como valores pre-clasificatorios en materia de bienestar.

Para este uso, y dado que el bienestar animal incluye tantos factores a valorar, una evaluación global como la de WQ será necesaria, pero el correlacionarlo con otros indicadores en la ganadería facilita la comunicación con el ganadero y permite analizar otros aspectos de un modo científico.

Un indicador que se suele tener en cuenta a la hora de valorar el funcionamiento de una granja, son los descartes que se producen. Los descartes en una explotación se dan, entre otras razones, para mantener un nivel productivo rentable. Así es que, estudios como los de Fetrow *et al.* (2006) observan, como cabe esperar, que las vacas con menos producción se descartan más. La rentabilidad de la granja puede relacionarse con el bienestar, pues necesita mantener un cuidado de los animales riguroso. Aún así, Robbins *et al.* (2016) en su revisión para intentar relacionar el bienestar y el tamaño de las ganaderías deducen que la relación entre mortalidad, descartes y bienestar es difícil de interpretar, aunque encuentran que la baja producción puede ser resultado de enfermedad u otros problemas con la condición biológica del animal y por tanto el bienestar afectaría a los descartes al menos relacionándose como un problema de salud. Aunque no todos los motivos de descarte tendrán que ver con el bienestar, puesto que algunos son debidos a las exigencias del mercado, se hace necesario diferenciar los motivos de descarte en cada caso (Robbins *et al.*, 2016). En nuestro estudio, los motivos de descarte se analizaron para ver si se correlacionan con la instalación de un nuevo AMS, haciendo una clara

diferenciación entre descartes debidos a muerte o sacrificio o debidos a cojeras (más relacionado con problemas de bienestar) y descartes por otros motivos. Además valoramos esos descartes durante el tiempo de adaptación del robot de ordeño, que incorpora un cambio de manejo añadido que hace necesario estudiar en profundidad estos aspectos.

Para profundizar en cada uno de los resultados de los tres estudios se discute a continuación los detalles de cada uno de ellos por separado.

### **5.1. Capítulo 1: Study on the major welfare problems of dairy cows from the Galicia region (NW Spain).**

La mayoría de las granjas de la población estudiada han sido puntuadas como “aceptable” de acuerdo con el protocolo WQ, lo que nos indica que hay un amplio margen de mejora en el bienestar animal de vacas de leche en Galicia.

Siguiendo la lista de principios del protocolo, la puntuación para el principio de buena alimentación ha obtenido un resultado de 44,38; lo que significa que en el total de granjas del estudio, solo se pueden considerar como aceptables. La mayor limitación se ha observado en la medida tomada de porcentaje de vacas con baja condición corporal, que afecta directamente al criterio ausencia de hambre prolongada. Este porcentaje llega a valores de 19,4% en algunos casos. Por el contrario, si miramos el criterio ausencia de sed prolongada, que se incluye en el resultado del principio global para este principio, más del 50% de las granjas han obtenido la máxima puntuación de 100. En Francia, el equipo De Boyer des Roches *et al.* (2014) encontró que la media en el porcentaje de vacas con baja condición corporal era de 9,1%, usando el mismo protocolo, porcentaje menor que el observado en Galicia. Las diferencias pueden estar parcialmente relacionadas con las diferencias en la raza, ya que en este estudio incluyen la raza Montbéliarde además de la Holstein-Friesian, caracterizándose la primera por una menor pérdida de condición corporal tras el parto, por ser animales más robustos. Otro estudio en el que se aplicó el protocolo WQ para búfalos de producción lechera en Italia, indicó que la media para este principio era de 4,2% (de Rosa *et al.*, 2015). Hay que considerar que la condición corporal está ligada al periodo de lactación en el que se encuentre el animal, e incluso considerando animales en el pico de lactación, no debería descender por debajo de 2,5 en escala de 1 a 5. Una “vaca delgada” acuerdo al protocolo se ha considerado por debajo de 2,5 (Edmoson *et al.*, 1989).

La peor puntuación se obtuvo para el principio WQ de comportamiento adecuado. Las ganaderías gallegas han focalizado sus esfuerzos por mejorar aspectos relacionados con la eficiencia y aumentar la producción como la nutrición o los cubículos, pero posiblemente, no se ha centrado tanto en otros aspectos enfocados en mejorar el comportamiento de los animales como pueden ser las dimensiones, control poblacional o diseño de pasillos adecuados para

favorecer la interacción entre los animales (Fernández y Cantalapiedra, 2016; Trillo *et al.*, 2012). Así mismo, este principio puntúa muy positivamente el pastoreo, lo cual no es una práctica tan extendida en Galicia, así como sí lo es en otros países europeos. Comparando los resultados con otros estudios similares, las puntuaciones de estos criterios están muy por debajo de la media. Por ejemplo, De Boyer des Roches *et al.* (2014) encontraron una media para la puntuación de expresión de comportamiento social de 42,0 y 82,3 para la expresión de otros comportamientos. La especie bovina es un animal social con una distribución en grupos de una jerarquía dominante. Las interacciones agonísticas pueden ser mayores en un diseño intensivo de estabulación libre que en un diseño en el que se pastorea (Miller y Wood-Gush, 1991). En la población estudiada solo el 24,3% de las granjas permiten el acceso al pasto, las que corresponden mayormente a estabulaciones fijas. El pastoreo tiene un factor relajante y reduce el estrés en las vacas. Mayor acceso al pasto (8 horas comparado con 4 horas) mejora los efectos de relajación, indicados a través de menor frecuencia cardíaca y menores interacciones agresivas entre los animales (Irrange y Knierim, 2012). Así mismo, el manejo de la alimentación también puede afectar al comportamiento social. El número de eventos agresivos pueden ser reducidos hasta un 50 % si se alternan los tiempos de alimentación, ya que por naturaleza la vaca prefiere alimentarse después del ordeño y al atardecer. Si la comida permanece en el pasillo de alimentación por la noche, los comportamientos agonísticos se verán reducidos (DiVita, 2001). La práctica habitual de repartir la ración diaria a primera hora de la mañana no ayuda en este sentido, al escasear el alimento en uno de los periodos de mayor consumo.

El criterio interacción humano-animal, medida por el reflejo de huida, ha tenido un resultado global aceptable, aunque bien es cierto que la distribución de los datos para este resultado indica que existe margen de mejora, ya que el 25% de las granjas han recibido puntuaciones por debajo de 27,50 para este criterio. Por consiguiente, en algunas granjas existe un inadecuado manejo por parte de los trabajadores, probablemente haciendo que los animales se sientan temerosos al trato de las personas.

La puntuación del principio buena salud, también requiere atención con una puntuación media de 33,49, puesto que los estados fisiológicos negativos, como estrés crónico, reducen la inmunidad y pueden afectar a la prevalencia de enfermedades y mortalidad (Walker *et al.*, 2012). Para este principio se valoran los criterios: ausencia de lesiones, ausencia de dolor en los procedimientos de manejo y ausencia de enfermedad para los que se establece un umbral de atención y un umbral de alarma (Welfare Quality, 2009). La relación de datos recogidos indica que el porcentaje de vacas con descarga nasal o vaginal, distocia, vacas tiradas y/o ratio de mortalidad han resultado en un margen menor al de alarma. Los otros síntomas considerados en el protocolo tales como descarga ocular, tos, respiración dificultosa, diarrea, mamitis también están por debajo del umbral marcado.

El otro aspecto que requiere atención es el manejo del dolor durante procedimientos de manejo y el control de enfermedades y lesiones. Sería aconsejable que los ganaderos incluyan

nuevos protocolos en este aspecto, como pueden ser implementar protocolos de gestión en medicina preventiva, aumentar las visitas de control veterinario e incluir durante el desmochado anestesia previa y analgesia posterior para mejorar el manejo del dolor. La legislación en Galicia prohíbe totalmente el corte de colas por el Real decreto 348/2000 (BOE nº 61), modificado por el Real decreto 441/2001 (BOE nº114). El corte de colas fue una práctica extendida justificada por la creencia de que favorecía la limpieza de la ubre. Los estudios demuestran que las vacas a las que se les practica el corte de cola parecen tener mayores concentraciones de hormonas del estrés y un nivel más alto en el patrón del dolor (Eicher *et al.*, 2000; Schreiner y Ruegg, 2002a). No existen diferencias en la higiene de las ubres o patas, y ni siquiera en la calidad de la leche que se le pueda atribuir a esta práctica (Schreimer y Ruegg, 2002b). Tampoco Lombard *et al.* (2010) encontraron que las vacas estuviesen más limpias por el corte de colas. Al contrario de lo que ocurre con la amputación de colas, el desmochado de las terneras sí es una práctica generalizada en las ganaderías gallegas (figura 23). Los métodos químicos (como la pasta cáustica) son el más utilizado en la población de estudio, y se ha comprobado que producen menor dolor que los tratamientos térmicos (Vickers *et al.*, 2005). A pesar de ello, el descornado en Galicia se realiza sin anestesia y casi siempre sin analgesia, en las observaciones realizadas durante los años de estudio. La administración de anestésico local y analgesia reducen el aumento de cortisol observado después del descornado y los indicadores de comportamiento del dolor durante esta acción (Sylvester *et al.*, 1998; McMeekan *et al.*, 1998; Faulkner y Weary, 2000; Stilwell *et al.*, 2009; Stock *et al.*, 2013).

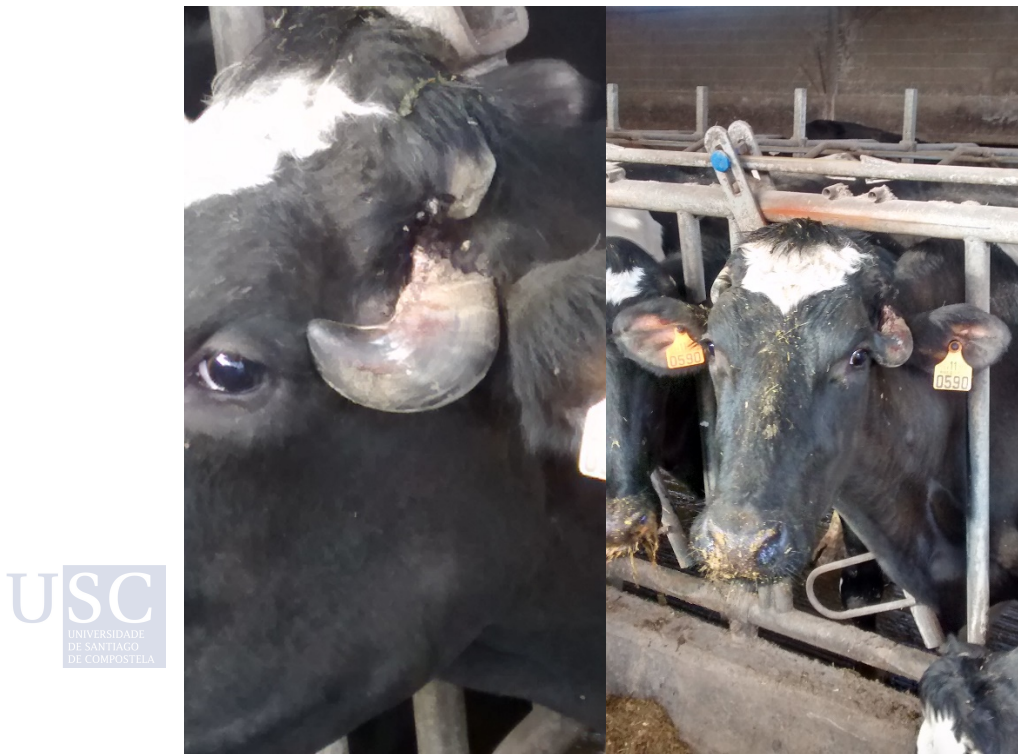


Figura 23. Imagen ejemplo de un animal mal descornado.

El mejor resultado parece que tiene relación con que las granjas gallegas mantienen, en general, buenas instalaciones; o al menos la ganadería se ajusta en tamaño a los animales que la ocupan. Esto se concluye ya que, el criterio WQ facilidad de movimientos, fue el mejor puntuado de todos, con el 75% de las granjas estudiadas con la máxima puntuación (100 de 100). Posiblemente la razón de que esto fuese así, es debido a que las ganaderías fijas del estudio mantenían una buena gestión del tiempo para el pastoreo, que hace que no se les puntúe negativamente. El pastoreo se manejaba más en granjas de estabulación fija, sin embargo el protocolo puntúa también positivamente la facilidad de movimientos en estabulaciones libres. También el acceso al agua de las vacas parece ser el adecuado con buenas puntuaciones para el 61.3% de las granjas. En relación al área de descanso, y de acuerdo con el protocolo utilizado en el estudio, el tiempo estimado que necesita una vaca para tumbarse es considerado como normal cuando es menor a 5,20 segundos. En el caso de la población estudiada la media es de 5,73 s, lo que se considera un problema moderado (de 5,20 s a 6,30 s), mientras que las colisiones contra las instalaciones han sido casi inexistentes, con un valor de 2,63% (siendo el mínimo considerado como normal dado por el protocolo de 3%) (Welfare Quality, 2009). Así mismo, para el porcentaje de animales que se tumban fuera de los cubículos o área de descanso, el valor global se encuentra entre los valores correctos (11,08% frente al umbral del 20%, que se considera como normal en el protocolo). La mayor limitación para una mejor puntuación en este criterio han sido las medidas relacionadas con la limpieza. Aunque la puntuación global para este principio es buena, se dan opciones de mejora a la hora de mantener a los animales más limpios, ya que las granjas del estudio muestran serios problemas en las observaciones comparados con los criterios que sigue el protocolo, por el que consecuentemente se vio afectado el criterio confort en el descanso, ya que incluye la limpieza como una de sus medidas. La limpieza del ganado afecta a la higiene de la producción lechera y a su termorregulación. El estiércol además puede dañar la piel y causar lesiones o infecciones subclínicas, hechos que conciernen el bienestar animal (Hauge *et al.*, 2012). En nuestro estudio se han encontrado correlaciones significativas entre la limpieza y el porcentaje de alteraciones del tegumento junto con el porcentaje de cojeras. La mala higiene puede indicar un pobre manejo de las camas o insuficiente superficie de paso que puede ser un riesgo para el estado de las pezuñas. Además, la limpieza también se ha relacionado con la salud general de las vacas, encontrando una moderada correlación entre higiene de los animales y ratio de mortalidad. En el momento del estudio no había datos comparables en España, aunque más recientemente, un estudio llevado a cabo en Córdoba, Molina *et al.*, (2020) analizaron el bienestar animal en esta provincia con el protocolo WQ, encontrando las instalaciones como el principio mejor puntuado, con todas sus granjas con puntuaciones entre buenas y excelentes. También otro estudio previo en Francia, mencionaba el principio buenas instalaciones, como el mejor puntuado de su población, y con puntuaciones muy similares a las obtenidas en este estudio para los criterios de facilidad de movimiento y ausencia de sed prolongada (De Boyer des Roches *et al.*, 2014).

Así mismo, un estudio con el mismo protocolo en Holanda mostró resultados similares al obtener buena salud como el peor resultado de todos (De Vries *et al.*, 2013a).

## **5.2. Capítulo 2: Associations between on-farm welfare, milk production, and reproductive performance in dairy herds in north-western Spain**

De la población escogida para la evaluación de bienestar por el protocolo WQ, se seleccionaron las 31 explotaciones en instalaciones en sistema de estabulación libre del estudio anterior. La media de vacas en lactación para la población estudiada fue muy similar a la media de vacas con estabulación libre en Galicia (67,8 vacas contra 65 vacas), y, a pesar de que la desviación estándar en referencia a este hecho fue elevada (41,3), podemos decir que es una muestra representativa para Galicia, comunidad autónoma en la que las granjas varían mucho en su tamaño según la zona.

En este estudio se encontraron relaciones entre varios principios y criterios WQ y valores productivos y reproductivos de las explotaciones lecheras, referidos en producción lechera normalizada 305-d e IPC. Como no solo los factores de bienestar animal pueden afectar a la producción a 305-d o el IPC, también se incluyeron otros factores en los modelos estadísticos como variables independientes de control. Podemos decir que, como novedad para este estudio, ampliamos el alcance estadístico de otras publicaciones anteriores, incluyendo los valores genéticos para las dos variables dependientes. El valor genético hizo posible que analizásemos la producción y la reproducción independientemente de la edad, el tamaño, origen del ganado ya que tiene en cuenta todos los factores alrededor de la producción lechera tanto genéticos como no, que influyen en distintos caracteres.

Para mantener la consistencia estadística solo incluimos en las regresiones lineales como variables independientes, los criterios o principios WQ con significación  $p \leq 0,15$ . Este punto de corte, aunque sea conservador, nos ayuda a elegir solo los principios y criterios potencialmente importantes para el modelo, reduciendo el número de variables a analizar, debido al reducido tamaño de muestra, por lo que es importante extraer las variables a analizar cómo se ha indicado en diferentes guías para el análisis multivariante (Afifi *et al.*, 2011; Katz, 2016).

En la literatura, podemos encontrar varias publicaciones que relacionan diferentes indicadores de bienestar con valores productivos o reproductivos. Discutiremos por tanto los hallazgos de nuestro estudio primero en lo relacionado a la producción lechera y a continuación a los valores reproductivos.

*Relación entre la producción lechera y bienestar animal*

En lo relacionado con los valores de producción láctea, Coignard *et al.* (2014) investigaron como los indicadores de WQ se relacionaban con la producción de las vacas en Francia, y encontraron que a mayor presencia de comportamientos agresivos y peor estado emocional de los animales, descendía la producción de leche medida como producción diaria. Ninguno de estos indicadores en cambio, los pudimos relacionar en nuestro estudio, posiblemente porque elegimos el valor de la producción por lactación a 305-d. Tampoco un estudio de Lürzel *et al.* (2017) en el que estudiaron la relación entre las interacciones gentiles con las vacas en ordeño y su producción (medida en producción diaria por vaca y flujo de leche), pudieron relacionar que la producción lechera aumentase en las vacas que eran tratadas de forma más afable y se les acariciaba más durante el experimento. Como hemos descrito, el protocolo WQ incluye un análisis cuantitativo de los comportamientos agresivos y contabiliza en el periodo de evaluación los cabezazos entre animales, los empujones, las persecuciones, además de evaluar el comportamiento de una manera cualitativa por el test QBA (Wemelsfelder, 2007) y las pruebas de relación humano animal medidas por la distancia de huida (Welfare Quality, 2009). Hedlund y Løvlie (2015) compararon temperamento y producción lechera en una granja en Suecia y encontraron que las vacas que mostraban más signos de estrés producían menos leche. En sentido contrario, Gergovska *et al.* (2012) comparando los datos de una granja de Holstein-Friesian y Brown Swiss en Bulgaria, mostraron que la producción de leche media por vaca se incrementaba en las vacas más nerviosas de la explotación. Este hecho, se podría explicar con que las vacas que exhiben reacciones más impulsivas o nerviosas posiblemente muestren comportamientos más agresivos a la hora de alimentarse, lo que podría generar que coman más y durante más tiempo y en consecuencia provocar un aumento en la producción. En otros estudios de comportamiento de las vacas en relación a su producción, se analizó solo el comportamiento durante el ordeño; en este caso, Purcell *et al.* (1988), no encontraron ninguna correlación significativa entre la producción y el comportamiento en la sala de ordeño, que midieron por dos pruebas de comportamiento muy comunes como la distancia de huida y la distancia de aproximación. Como hay multitud de pruebas y etogramas para medir el comportamiento de la vaca, y también varias medidas para la producción lechera, es posible que produzca que estos resultados sean tan variables en la bibliografía que relaciona comportamiento y producción.

También en el trabajo de Coignard *et al.* (2014) apuntaron que una buena salud y de forma específica, los criterios de ausencia de lesiones y ausencia de enfermedad se asociaban con la producción total. Varios estudios relacionan las cojeras, metritis, mamitis, retención de placenta y enfermedades del postparto con la bajada en la producción de las vacas (Hand *et al.*, 2012; Hogeveen *et al.*, 2011; Raboisson *et al.*, 2014; Sundrum, 2015; Walsh *et al.*, 2011). Todas estas enfermedades se consideran como indicadores al calcular las puntuaciones para esos dos criterios de WQ (ausencia de lesiones y ausencia de enfermedad). Sin embargo, en nuestro

estudio no se encontró relación entre estos criterios y la producción media a 305-d, lo que puede explicarse porque no se trataba de granjas de niveles de producción por encima de la media (AFRICOR, 2017), como suelen ser granjas de mayores dimensiones o mejor manejo nutricional, que tendría consecuentemente mayor incidencia de este tipo de enfermedades muy asociadas a la alta producción.

Para este estudio, el resultado de los modelos de análisis de multivariantes solo relacionó la producción corregida a 305-d con el criterio de WQ ausencia de hambre prolongada. El protocolo WQ evalúa este criterio a través de la puntuación de la condición corporal. En España, tradicionalmente evaluamos la condición corporal en una escala de 1 a 5, pero en el caso del WQ evalúa 0 como “con baja condición corporal” 1 como normal y 2 como “elevada condición corporal” lo que se puede adaptar perfectamente a la puntuación más detallada de 1 a 5 como hicimos en este caso. La condición corporal, refleja el manejo nutricional que lleva una granja y si éste evoluciona favorablemente dependiendo de la etapa de la lactación en la que se encuentre la vaca (Buckley *et al.*, 2003; Dechow *et al.*, 2001; Heuer *et al.*, 1999). De Vries *et al.* (2011a) revisó varias publicaciones y encontró que la relación entre condición corporal y producción lechera no era lineal en las vacas que no se encontraban en una condición corporal óptima, o lo que es lo mismo a menor condición corporal, más rápido decrecía la producción láctea. Este resultado se explica por la relación entre el manejo de la alimentación y la condición corporal y el bienestar, de forma que, cuando se dan casos de hacinamiento, comederos insuficientes o muy pequeños, tiempo de acceso a la comida limitado, o que el pasillo de alimentación no esté debidamente limpio, hace que se altere el comportamiento relacionado con el descanso y decaiga la actividad ruminal (Grant y Albright, 2001; Ingrand, 2000), lo que se traduce en una menor producción.

#### *Relación entre IPC y bienestar animal*

En segundo lugar y en lo relacionado con la reproducción, este estudio encontró que la media de IPC descendía cuando las puntuaciones para los criterios ausencia de dolor durante procedimientos de manejo y ausencia de lesiones ascendía. El protocolo WQ define para el criterio de ausencia de dolor en los procedimientos de manejo, dos procedimientos: uno el corte de colas y otro el desmochado y/o descornado. Como el corte de colas está prohibido, estos datos se centran en el desmochado que es muy común en las granjas lecheras y como se comprobó, casi todas ellas lo llevan a cabo sin analgesia ni anestesia. Breuer *et al.*, (2013) comprobaron que este procedimiento tan doloroso puede tener impactos negativos en el comportamiento o en el manejo de los animales, aunque no hay estudios previos que refieran la asociación entre IPC y desmochado, la explicación a este hallazgo puede tener relación en parte, a asociaciones indirectas. Así, si un ganadero no está concienciado sobre los procedimientos que producen dolor a sus animales, puede ser que el manejo general de la granja sea más deficiente, aunque esta asociación requiere una investigación más profunda que analice

de nuevo múltiples variables, para saber por qué estas dos características pueden estar relacionadas.

La puntuación del criterio WQ de ausencia de lesiones se asocia a la prevalencia de cojeras en el rebaño. Las vacas cojas pasan periodos de tiempo más largos tumbadas y al pasar menos tiempo de pie o andando expresan peor los comportamientos de celo (Walker *et al.*, 2018). Chapinal *et al.* (2013), comparó cinco indicadores reproductivos y comprobó que mejorar el manejo para que se produzcan menos cojeras en los animales mejora la eficiencia reproductiva del ganado de leche. También, Bicalho *et al.* (2007), analizaron que las vacas con cojeras moderadas o severas tenían respectivamente un 15% y un 24 % menos posibilidades de quedar gestantes.

Los resultados de este estudio también indicaron que el IPC estaba relacionado con la puntuación para el criterio WQ de expresión de comportamientos sociales, que se podría explicar con que el estrés social influye tanto en la duración como en la expresión del celo en vacas, de forma que cuando se da una mejor expresión del comportamiento social, las vacas declaran mejor los celos, permitiendo al ganadero podrá llevar un mejor manejo reproductivo (Elkins y Rorie, 2005).

Estas relaciones, se reflejan además en el siguiente nivel de puntuación del protocolo, ya que el cuarto modelo también mostró relación entre los principios de WQ Buena salud y Comportamiento adecuado y el IPC. Como en los modelos 1 y 2 para producción lechera, el valor genético para IPC también se tuvo en cuenta como variable independiente en los modelos 3 y 4, sin embargo, y no como ocurrió con la producción lechera, este valor, no tuvo relación significativa para IPC. Esto puede ser debido a que, en este caso el valor genético tenía una fiabilidad del 37,9 %, cuando la fiabilidad para el valor genético para producción de leche era del 53,5% (AFRICOR, 2017).

### **5.3. Capítulo 3: Robot milking and effect on mortality rates in dairy cows from the Galicia region (NW Spain)**

En las granjas lecheras actuales la instalación de robots de ordeño sigue una tendencia al alza. El mes de octubre de 2014, plazo límite que estipulamos para incluir explotaciones en este estudio, el 1,4% de las granjas incluidas en “Control Lechero Oficial” utilizaban robots de ordeño. En algunos casos, las granjas que cambiaron de sistema de ordeño también aprovecharon para hacer algunas reformas en las instalaciones para adaptar los corrales, si bien estas granjas no se incluyeron en el estudio, para que esas reformas no alteraran los resultados finales en las causas de descarte.

Así como en los capítulos anteriores donde escogimos la población aleatoriamente (intentando que representase la población media de Galicia), en este caso no fue posible al tener que incluir exclusivamente granjas con robot de ordeño. Es posiblemente la razón por la que la

población de estudio no representa la tendencia de las ganaderías gallegas en cuanto a la media de animales por granja. En 2015 en Galicia, la media de animales en lactación por granja era de 42 (MAGRAMA, 2016), mientras que en este estudio la media alcanzaba las 71 vacas. De todos modos, en ratios de descarte, esta diferencia no se ha visto afectada, pues las ganaderías del estudio sí que mostraron para este caso, una proporción muy similar a las ganaderías totales en Galicia, siendo aproximadamente el 26% de las vacas totales de al menos un parto (AFRICOR, 2017). En la elección de la población de estudio, otro factor a tener en cuenta, es que las causas de descartes se registran mensualmente por las visitas de “Control Lechero Oficial”, en una entrevista directa con el ganadero y es por ello que analizamos si por olvido o por cualquier otra causa, el ganadero no reportó el descarte del animal, de forma que el “sesgo del recuerdo” podría haber influido en la correcta y detallada colección de datos para este estudio. Después de valorar el riesgo, es bastante improbable que este “factor olvido” pudiese influenciar los resultados finales, ya que las granjas que estudiamos eran de moderadas dimensiones y los descartes no son eventos muy concurridos en el día a día de la ganadería, que nos llevase a pensar que los datos no fuesen los adecuados. El estudio también incluye como dato relevante el año de instalación del AMS para no desestimar tendencias del mercado de la leche y sus precios, pérdidas bruscas de producción u otros factores que al mismo tiempo pudieran ocurrir.

Como se ha descrito, los datos muestran que los descartes aumentaron en las granjas robotizadas tras su instalación, al menos, durante el periodo de estudio. Este hecho también coincide con los datos publicados anualmente por AFRICOR (2017), en los que se puede comprobar que la proporción de vacas de primer parto en las ganaderías con ordeño convencional es del 32,6% mientras que en las granjas con AMS es mayor, representando el 35,1% del total de los animales. La mayor tasa de reposición indica por tanto, que vacas más longevas han tenido que ser descartadas en mayor medida. Bien es cierto, este dato no parece coincidir con el estudio de Tse *et al.* (2017) en el que, basándose en la percepción del productor, la instalación de AMS no repercutía en los ratios de descartes de la explotación. En nuestro estudio, aunque sí que se observa una reducción significativa de descartes por muertes o accidentes en granja, en total se produjo un aumento del total de descartes.

Tenemos que considerar que los descartes más frecuentes al principio de la lactación son los que se asocian con muertes o sacrificio de urgencia, ya que están parcialmente relacionadas con las frecuentes patologías del postparto como desplazamiento de abomaso, acidosis, cetosis, o accidentes y traumatismos (Pinedo *et al.*, 2010; Fouz *et al.*, 2014; Sarjokari *et al.*, 2018). El robot de ordeño puede reducir el riesgo de enfermedades del postparto, en la medida en que las vacas se pueden ordeñar más veces al día, adecuando las pulsaciones y el tiempo de ordeño a cada vaca y disponiendo de forma complementaria de un registro continuo de la producción de cada vaca en cada ordeño, lo que permite adaptar las necesidades de la vaca al aporte de concentrado que recibe en el robot, diseñando una curva de suministro de concentrado en función de los días en leche y la producción de cada animal. Además el robot de ordeño podría

ayudar a mejorar el control de los periodos de transición de secado a lactación, permitiendo a las vacas secas pasar al robot solo para que empiecen a comer algo de concentrado los días antes del parto ayudando a adaptar la flora ruminal para el arranque de lactación. Esta práctica no es habitual en la medida que los niveles de ocupación de los AMS no permiten dedicar tiempo adicional al que ya dedican al trabajo de ordeño y mantenimiento del equipo.

Esta hipótesis coincide con los datos ya anteriormente publicados en Galicia, donde se encontró que las vacas en ganaderías con AMS reducían significativamente sus niveles de ácido betahidroxibutírico ( $\beta$ -hidroxibutírico) en el postparto, en comparación con las vacas ordeñadas en salas convencionales (AFRICOR, 2017).

En la población de estudio sí se encontraron aumentos en el riesgo de descarte para los descartes relacionados con baja producción, problemas de ubre, infertilidad y cojeras, en contraposición a los descartes por muerte o sacrificio urgente que disminuyeron.

Para algunos ganaderos, el incluir el robot de ordeño trajo consigo poder revisar los registros diarios de producción de cada vaca, pues en muchos casos, el cambio supuso pasar directamente de salas convencionales sin ningún tipo de medidor de leche a un sistema automatizado que mide continuamente la producción de cada vaca individualmente. Este hecho, junto con que las vacas poco productivas son incluso menos rentables en AMS, hizo que se descartasen más. Las vacas poco productoras son menos rentables en AMS debido a que el rendimiento del robot se da por el ratio de volumen de leche/unidad de tiempo entre otros parámetros (Hogeveen *et al.*, 2001; Castro *et al.*, 2012).

Los mayores riesgos para que una mala salud de la ubre en sistemas de ordeños robotizados son la mala detección de mamitis, la suciedad en las ubres y no completar adecuadamente la limpieza de los cuarterones (Hovinen y Pyörälä, 2011; Jacobs y Siegford, 2012), lo que coincide con en el estudio de Castro *et al.* (2015) en el que observaron que tanto los cepillos como las pezoneras y los tubos de colección de leche de los AMS no se limpiaban ni desinfectaban adecuadamente. Debemos tener en cuenta que el hecho de ordeñar la vaca más veces al día hace que el esfínter del pezón pase más tiempo abierto, incrementando la probabilidad de infección mamaria, por lo que la higiene de las camas cobra aun más importancia.

Por otro lado, y aunque se pueda pensar que una vez instalado el AMS, el ganadero dispone de más tiempo para percibir celos y por tanto llevar más al día el calendario reproductivo, parece ser que ocurre lo contrario, al no tener que realizar el ordeño de forma rutinaria, no pasan tanto tiempo en el establo para poder detectar los cambios de comportamiento en su ganado durante los celos (Kruipet *al.*, 2000; Dearinget *al.*, 2004; Tseet *al.*, 2017). Este hecho puede encajar en otro de los hallazgos de este estudio, de por qué hay un mayor riesgo de descartes debido a infertilidad en las explotaciones con AMS.

En general todos los sistemas AMS admiten un número determinado de vacas a ordeñar por rebaño siendo 60 el óptimo. Cuando un ganadero cambia de un sistema a otro, debe ajustar el número de vacas en ordeño y muchas veces esto produce descartes al principio, quedándose solo con las vacas de mayor producción y con una morfología de ubre adaptada al ordeño

automatizado. Las vacas de poca producción, como pueden ser vacas con problemas de ubre o vacas con muchos días abiertos u otros problemas de fertilidad, se descartarán en mayor medida al principio del cambio de un sistema de ordeño a otro. Muy probablemente si no se hubiese producido este cambio, esas vacas seguirían en la granja y no se hubiesen descartado. De hecho, son frecuentes los casos donde los ganaderos mantienen el sistema de ordeño convencional, ordeñando en este las vacas anteriormente descritas.

Por último, otro de los motivos del aumento de descartes en ganaderías que han cambiado a AMS, son las cojeras. La rutina de trabajo en granjas con AMS no facilita que se realicen de forma asidua controles de salud podal, debido a que ya no es necesario guiarlas a la sala. Tampoco, como hemos comentado, se deja que vacas con poca producción (como vacas que han parido hace mucho) o enfermas (vacas con cojeras o mamitis), se queden en el rebaño, pues afectaría gravemente la amortización del robot de ordeño, con lo cual, la renovación de ganado es mucho más frecuente en ganaderías con AMS, al no poder ser tan flexibles en relación al tamaño del rebaño como los son las ganaderías con sistema de ordeño convencional. Westin, *et al.* (2016) en su estudio en ganaderías canadienses, sí que observaron una tendencia a la baja en las cojeras de las ganaderías con AMS en relación a las ganaderías con sala convencional, pero lo relaciona más con el diseño de la explotación y las camas que con el robot en sí. En todos los casos de este estudio, los descartes que se realizan una vez instalado el robot de ordeño, apuntan a que son siempre para mantener una mejora de la eficiencia del rebaño y poder asumir los costes adicionales al cambio. Harían falta más estudios para conocer cómo evoluciona el manejo de los descartes en una granja con robots, y saber si después de esos tres años los descartes vuelven a mantener niveles previos a la instalación del AMS o incluso favorables, lo que sería muy beneficioso para ver como se ve afectado el bienestar animal por las nuevas mejoras de eficiencia y control productivo.

## 6. Conclusions

- i. Farms from Galicia could only be considered as “acceptable” in term of animal welfare, presenting many areas for improvement, especially in those aspects that lead to appropriate behaviour. Another warning aspect is the management of disease marked on a bad score for good health: as it seems farmers should include new health control plans providing better diseases’ prevention and including anaesthesia and analgesia plans for disbudding and dehorning.
- ii. Results support the view that absence of prolonged hunger (as measured by the WQ) is associated with milk yield. In addition, good pain management during procedures, lower prevalence of injuries and adequate expression of social behaviours are associated with calving to conception interval. These relations found only partially agree with previous papers.
- iii. Welfare criteria, as measured by the WQ protocol, –and those criteria associated negatively with both milk production and calving to conception interval– were not found in any of the multivariant models.
- iv. The AMS installation affects some parameters that needs to be analysed in relation with cattle welfare. An increase in culling rates was found after the installation of AMS. This reflects the increased culling due to low production, udder problems, infertility and lameness, whereas losses due to death or emergency slaughter diminished. AMS is not flexible in terms of number of milking cows in the herd, which makes the farmer choose more profitable cows in the AMS, when less profitable cows (such as cows with fertility problems, cows with many days in milk, cows with udder problems or lame cows) would be more likely to be culled.

## Lista de figuras

Figura 1. Los tres conceptos del bienestar animal desde la perspectiva de Fraser D. adaptado de Appleby M. y Lund V. (Fraser, 2008).....	16
Figura 2. Esquema basado en el movimiento Una Salud adaptado a “un bienestar” de (Pinillos,2016) .....	19
Figura 3. Esquema del modelo de los 5 dominios (Mellor et al., 1994).....	22
Figura 4. Esquema de los pasos para llegar a una valoración global .....	27
Figura 5. Esquema de los principios y criterios de WQ .....	28
Figura 6. Ejemplos de sellos de certificaciones en bienestar animal y pastoreo .....	37
Figura 7. Mapa de porcentaje de entregas lácteas en 2020 en España (MAPA,2020).....	47
Figura 8. Imágenes tomadas durante la evaluación de bienestar. Medición de la distancia de huida para el indicador relación humano animal.....	50
Figura 9. Imágenes tomadas durante la evaluación de bienestar. Animal evaluado como tumbada totalmente fuera del área de descanso.....	51
Figura 10. Imágenes tomadas durante la evaluación de bienestar. Animal evaluado como tumbada parcialmente fuera del área de descanso.....	51
Figura 11. Imágenes tomadas durante la evaluación de bienestar. Animal evaluado como tumbada correctamente dentro del área de descanso.....	52
Figura 12. Imagen de una lesión severa en pata delantera tomada durante la evaluación WQ	53
Figura 13. Imagen de secreción ocular en una vaca tomada durante la evaluación WQ. ....	53
Figura 14. Imagen secreción nasal tomada durante la evaluación WQ.....	53
Figura 15. Bebedero parcialmente sucio según el protocolo WQ. ....	54
Figura 16. Bebedero limpio según el protocolo WQ.....	54
Figura 17. Bebedero sucio según el protocolo WQ.....	54
Figura 18. Esquema de las fases del estudio de duración de 5 años.....	58
Figura 19. Medidas, criterios y principios WQ y su método de evaluación final (adaptada de Vries <i>et al</i> , (2013a).....	60
Figura 20. Ejemplo de dos hipotéticas vacas en el modelo (Tabla 7). El seguimiento comienza 2 años antes de la instalación del AMS. Se representa en el eje y las lactaciones y en el eje x el tiempo en días. Se representa el comienzo de cada registro con círculos y el final con cuadrados, cada registro indica el tiempo que pasan en el modelo. ....	64
Figura 21. Diagramas de cajas de los resultados de la media por explotación obtenidos para los cuatro principios de WQ, donde se aprecia claramente que el principio con peor puntuación ha sido el de comportamiento adecuado.....	68
.....	69
Figura 22. Porcentajes de la puntuación global estimada de las granjas de la población de estudio.....	69
Figura 23. Imagen ejemplo de un animal mal descornado.....	80

## Lista de tablas

Tabla 1. Principios, criterios y medidas que describe el protocolo de WQ para vacuno de leche. (Welfare Quality, 2009).....	26
Tabla 2. Ejemplos de estudios del comportamiento con acelerómetros en vacas. ....	32
Tabla 3. Tabla resumen de posibles tecnologías aplicables al protocolo WQ modificada de Maroto-Molina <i>et al.</i> (2020).....	34
Tabla 4. Valores de la estructura del sector lácteo desde 2016 a 2020 en España y Galicia extraído deMAPA(2020) .....	46
Tabla 5. Ganaderías de la población de estudio .....	48
Tabla 6. Tamaño de muestra a medir según el tamaño del rebaño (WelfareQuality, 2009). ...	49
Tabla 7. Resumen de las medidas tomadas en granja. El símbolo de la vaca indica cuales son en el animal para diferenciarlas de las que se midieron observando las instalaciones.....	55
Tabla 8. Datos de los registros de dos hipotéticos casos, la vaca 1 empieza el modelo en la fase 1 (dos años antes de la instalación del AMS) en la lactación 2 y continúa en la fase 2 y fase 3 hasta el descarte el día. La vaca 2 comienza el registro en la lactación 1 pero 320 días tras que haya empezado el modelo porque es de primer parto. ....	63
Tabla 9. Estadísticos descriptivos (junto con intervalos de confianza (I.C.) al 95%) de las medidas establecidas en el protocolo WQ recogidas en 37 granjas de vacuno de leche de Galicia. ....	66
Tabla 10. Medidas establecidas por el protocolo WQ correlacionadas significativamente .....	67
Tabla 11. Estadísticos descriptivos. (valor con intervalo de confianza (I.C.) al 95% y percentiles) en puntuaciones de los criterios de 37 granjas (expresadas en una escala de 0 a 100 donde 0 corresponde a la peor situación, 50 neutra y 100 a la mejor situación).....	67
Tabla 12. Estadísticos descriptivos. (valor con intervalo de confianza al 95% y percentiles) de las puntuaciones obtenidas para los principios descritos en el protocolo WQ para las 37 granjas lecheras (expresado de 0 a 100 escala valor donde 0 se corresponde con la peor situación y 50 con la situación neutra y 100 con la mejor situación). ....	68
Tabla 13. Comparación de los resultados a los principios WQ en diferenciando entre estabulación libre y trabada para las 37 granjas lecheras de Galicia. Se incluyen los tres principios para los que se obtuvieron resultados significativos, excluyendo el principio de buena salud.....	70
Tabla 14. Media con el 95% intervalo de confianza de principios y criterios de las 31 explotaciones del estudio.....	70
Tabla 15. Estadística descriptiva para producción láctea y valores reproductivos de las 31 explotaciones incluidas en el estudio.....	71
Tabla 16. Resultados de los dos modelos de regresión lineal que tienen como variable dependiente la media producción corregida a 305 días. Modelo 1 incluye los criterios de bienestar como variables independientes y el modelo 2 los principios de bienestar de las 31 explotaciones de la población de estudio .....	72

Tabla 17. Resultados de los dos modelos de regresión lineal en los que la variable dependiente es la media por ganadería de IPC. El modelo 3 depende de los criterios WQ y el modelo 4 depende de los principios WQ de las 31 explotaciones estudiadas. ....73

Tabla 19. Resultados obtenidos de los seis modelos de supervivencia Cox, para conocer el efecto que produce en los descartes de las 23 explotaciones lecheras, el cambiar de un sistema de ordeño convencional a un AMS..... 75

## Referencias

- Afifi, A., May, S. y Clark, V. A. (2011). *Practical multivariate analysis*. California, USA: CRC Press.
- Appleby, M.C., y Hughes B.O. (1997). *Animal Welfare*. CABI publishing: Cambridge, MA, USA.
- Andreasen, S.N., Wemelsfelder, F., Sandøe, P. y Forkman, B. (2013). The correlation of qualitative behavior assessments with Welfare Quality® protocol outcomes in on-farm welfare assessment of dairy cattle. *Applied Animal Behaviour Science*, 143, 9-17. doi:10.1016/j.applanim.2012.11.013.
- Andreasen, S.N., Sandøe, P. y Forkman, B. (2014). Can animal welfare assessment be simplified? A comparison of the Welfare Quality® protocol for dairy cattle and the simpler and less time-consuming protocol developed by the Danish Cattle Federation. *Animal Welfare*, 23:81-94. doi: 10.7120/09627286.1.081.
- Asociación Provincial para el Control de Rendimientos (AFRICOR). (2019). Memoria 2016. Disponible en: <http://africorlugo.com/memorias.asp>. Fecha de acceso: 15 de mayo de 2021.
- Asociación Provincial para el Control de Rendimientos (AFRICOR). (2017). Memoria 2016. Disponible en: <http://africorlugo.com/memorias.asp>. Fecha de acceso: 11 de octubre de 2017.
- Bach, A., Iglesias, C., Calsamiglia, S. y Devant, M. (2007). Effect of amount of concentrate offered in automatic milking systems on milking frequency, feeding behavior, and milk production of dairy cattle consuming high amounts of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 90, 5049-5055. doi: 10.3168/jds.2007-0347.
- Battini, M., Agostini, A. y Mattiello, S. (2019) Understanding cows' emotions on farm: are eye white and ear posture reliable indicators? *Animals* (Basel), 9, 477. doi: 10.3390/ani9080477.
- Benaissa, S., Tuytens, F.A.M., Plets, D., de Pessemier, T., Trogh, J., Emmeric, T., Martens, L., Vandaele, L., Van Nufferl, A., Joseph, W. y Sonck, B. (2019). On the use of on-cow accelerometers for the classification of behaviours in dairy barns. *Research in Veterinary Science*, 125, 425-433. doi: 10.1016/j.rvsc.2017.10.005.
- Bewley, J.M., Grott, M.W., Einstein, M.E. y Schutz, M.M. (2008). Impact of Intake Water Temperatures on Reticular Temperatures of Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 91, 3880-3887. doi:10.3168/jds.2008-1159.
- Bicalho, R. C., Vokey, F., Erb, H. N. y Guard, C. L. (2007). Visual locomotion scoring in the first seventy days in milk: Impact on pregnancy and survival. *Journal of Dairy Science*, 90, 4586-4591. doi:10.3168/jds.2007-0297.

Bijl, R., Kooistra, S.R. y Hogeveen, H. (2007). The profitability of automatic milking on Dutch dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 90, 239-248. doi: 0.3168/jds.S0022-0302(07)72625-5.

Block, B.B. (2009). Farmers' perspectives. In: Butterworth, A., Blockhuis, H., Jones, B., y Veissier, I. (eds.) proceedings of "Delivering animal welfare quality: transparency in the food production chain". *Welfare Quality® Project*, Lelystad, the Netherlands. Pp.73-75.

Block, B.B., Swagemakers, P., Lever, J., Montanari, C. y Ferrari, P. (2010). Farmers' experiences of the farm assessment: interviews with farmers. In: Bock B., De Jong I. (eds.) *The assessment of animal welfare on broiler farms. Welfare Quality® reports no. 18*, Cardiff University, Cardiff, UK. Pp. 29-70.

Blockhuis, H.J., Veissier, I., Miele, M. y Jones, B. (2010). The Welfare Quality® project and beyond: safeguarding farm animal well-being. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A—Animal Science*, 60, 129–140.

Blockhuis, H., Miele, M., Veissier, I., y Jones, B. (2013). *Improving farm animal welfare*. Wageningen academic publishers eds. The Netherlands.

Blockhuis, H.J., Jones, R.B., Geers, R., Miele, M. y Veisser, I. (2003). Measuring and monitoring animal welfare: Transparency in the food product quality chain. *Animal Welfare*, 12, 445-455.

Boletín Oficial del Estado (2020). Real Decreto 332/2020 del 10 de

diciembre de 2020 de la Dirección de Producciones y Mercados Agrarios, por la que se publican las recomendaciones del Comité Internacional para el Control del Rendimiento Animal, de acuerdo a las instrucciones de aplicación de las mismas establecidas por la Comisión Nacional de Control Lechero Oficial, Sección III, pp, 118170. Disponible en: [https://www.boe.es/eli/es/res/2020/12/10/\(2\)](https://www.boe.es/eli/es/res/2020/12/10/(2)) Fecha de acceso: 30 de septiembre de 2017.

Boletín Oficial del Estado (2005). Real Decreto 368/2005 por el que se regula el control oficial del rendimiento lechero para la evaluación genética en las especies bovina, ovina y caprina. Disponible en: [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2005-6564](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2005-6564) Fecha de acceso: 30 de septiembre de 2017.

Botreau, R., Veissier, I. y Perny, P. (2009). Overall assessment of animal welfare: Strategy adopted in Welfare Quality®. *Animal Welfare*, 18, 363-370. doi:10.1017/S1751731113002267.

De Boyer des Roches, A., Vessier, I., Coignard, M., Bareille, N., Guatteo, R., Capdeville, J., Gilot-Fromont, E. y Mounier, L. (2014). The major welfare problems of dairy cows in French commercial farms: An epidemiological approach. *Animal Welfare*, 23, 467-478. doi:10.7120/09627286.23.4.467.

Breuer, K., Hemsworth, P. H. y Coleman, G. J. (2003). The effect of positive or negative handling on the behavioural and physiological responses of nonlactating heifers. *Applied Animal*

*Behaviour Science*, 84, 3-22. doi:10.1016/S0168-1591(03)00146-1.

Broom, D.M. (1986). Indicators of poor welfare. *British Veterinary Journal*, 142, 524-526. doi:10.1016/0007-1935(86)90109-0.

Broom, D. M. (1996). Animal welfare defined in terms of attempt to cope with the environment. *Acta Agriculturae Scandinavica (Section A-Animal Science)*, 27, 22-29

Broom, D.M. (1999). The welfare of dairy cattle. En: K. Aagaard (Ed.) *Proceedings of the 25th International Dairy Congress, Aarhus 1998, III Future Milk Farming*. Pp. 32–39.

Broom, D.M. (2006). Behaviour and welfare in relation to pathology. *Applied animal behaviour Science*, 97, 73-83. doi:10.1016/j.applanim.2005.11.019.

Broom, D.M. (2017). *Animal Welfare in the European Union*. (pp 75). Brussels: European Parliament Policy Department, Citizen's Rights and Constitutional Affairs. doi:10-2861/891355.

Broom, D.M. (2018). Animal welfare and international trade. In: *The Key Role of Animal Welfare Science in the Development of Green Agriculture*, Jingxiang Pan and Siyan Li (eds). Changchun: Jilin Publ. Pp. 8-21.

Buckley, F., O'sullivan, K., Mee, J. F., Evans, R.D. y Dillon, P. (2003). Relationships among milk production, body condition, cow weight, and reproduction in spring-calved Holstein-Friesians. *Journal of Dairy Science*, 86,

2308–2319. doi:10.3168/jds.S0022-0302(03)73823-5.

Caja, G., Ayadi, M., Carre, X. y Xifra, M. (2002). *Los robots de ordeno en España: Situación actual y perspectivas*. H. Hogeveen, A. Meijering (Eds.), *Ordeño Robotizado*, Editorial Agrícola Española S.A., Madrid. Pp. 11-16.

Calamari, L. y Bertoni, G. (2009). Model to evaluate welfare in dairy cow farms. *Italian Journal of Animal Science*, 8, 301-323. doi:10.4081/ijas.2009.s1.301.

Callejo-Ramos, A. (2009). *Cow confort. El bienestar de la vaca lechera*. 1ª Ed. Grupo Asís Biomedica S.L., Zaragoza.

Cantor, C., Costa, J.H.C. y Bewley, J.M. (2018). Impact of Observed and Controlled Water Intake on Reticulorumen Temperature in Lactating Dairy Cattle. *Animals*, 8, 194. doi:10.3390/ani8110194.

Castro, A., Pereira, J. M., Amiama, C., Bueno, J. (2012). Estimating efficiency in automatic milking systems. *Journal of Dairy Science*, 95, 929-936. doi:10.3168/jds.2010-3912.

Castro, A., Pereira, J.M., Amiama, C. y Bueno, J. (2015). Mastitis diagnosis in ten Galician dairy herds (NW Spain) with automatic milking systems. *Spanish Journal of Agricultural Research* 13, e0504. doi:10.5424/sjar/2015134-7482.

Chapinal, N., de Passillé, A., Pastell, M., Hänninen, L., Munksgaard, L. y Rushen, J. (2011). Measurement of acceleration while walking as an automated method for gait assessment in

dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 94, 2895–2901. doi:10.3168/jds.2010-3882.

Chapinal, N., von Keyserlingk, M. A. G., Cerri, R. L. A., Ito, K., LeBlanc, S. J. y Weary, D. M. (2013). Short communication: Herd-level reproductive performance and its relationship with lameness and leg injuries in free stall dairy herds in the north-eastern United States. *Journal of Dairy Science*, 96, 7066–7072. doi:10.3168/jds.2013-6967.

Coignard, M., Guatteo, R., Veissier, I., Lehébel, A., Hoogveld, C., Mounier, L. y Bareille, N. (2014). Does milk production reflect the level of welfare in dairy herds? *Veterinary Journal*, 199, 184-187. doi:10.1016/j.tvjl.2013.10.011.

Colonus, T.J. y Earley, R.W. (2013). One welfare: a call to develop a broader framework of thought and action. *Journal of American Veterinary association*, 242, 309-310. doi:10.2460/javma.242.3.309.

Comisión Europea (2006) Communication From the Commission to the European Parliament and the Council on a Community Action Plan on the Protection and Welfare of Animals 2006–2010. Brussels: European Parliament. Disponible en: [http://www.aughty.org/pdf/midterm\\_assess\\_ec\\_biodiv.pdf](http://www.aughty.org/pdf/midterm_assess_ec_biodiv.pdf) Fecha de Acceso: 27 de marzo de 2021.

Comisión Europea (2006). Special Eurobarometer 238 'RiskIssues'. Office for Official Publications of the European Communities: Luxembourg.

Comisión Europea (2007). Special Eurobarometer 270. Attitudes of EU citizens towards animal welfare. Office

for Official Publications of the European Communities: Luxembourg

Comisión Europea (2015). Special Eurobarometer 442. Attitudes of Europeans towards animal welfare. Office for Official Publications of the European Communities: Luxembourg

Comisión Europea (2018). Special Eurobarometer 473. Attitudes of EU citizens towards animal welfare. Office for Official Publications of the European Communities: Luxembourg

Comisión Europea (2019). Comunicación de la comisión al parlamento europeo, al consejo europeo, al consejo, al comité económico y social europeo y al comité de las regiones El Pacto Verde Europeo. COM/2019/640 final. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52019DC0640>. Fecha de acceso: 5 de junio de 2021.

CONAFE, Confederación de asociaciones de criadores de frisona española (2010). Manual de Control Lechero del vacuno lechero. Disponible en: [https://www.conafe.com/VisorDocs.aspx?pdf=raza\\_frisona\\_Manual\\_Control\\_Lechero.pdf](https://www.conafe.com/VisorDocs.aspx?pdf=raza_frisona_Manual_Control_Lechero.pdf) .Fecha de acceso: 1 de julio de 2021.

Consejo de la Unión Europea (2019). Council conclusions on animal welfare - an integral part of sustainable animal production-Council Conclusions (16 December 2019). Annex 1. Diponible en: <https://www.consilium.europa.eu/media/>

41863/st14975-en19.pdf Fecha de acceso: 3 de enero de 2021.

Dearing, J., Hillerton, J.E., Poelarends, J.J., Neijenhuis, F., Sampimon, O.C. and Fossing, C. (2004). Effects of automatic milking on body condition score and fertility of dairy cows. En *Automatic milking: a better understanding* (ed. A Meijering, H Hogeveen and CJAM de Koning). Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands. Pp 135–140.

Dechow, C. D., Rogers, G. W. y Clay, J. S. (2001). Heritabilities and correlations among body condition scores, production traits, and reproductive performance. *Journal of Dairy Science*, 84, 266–275. doi:10.3168/jds.S0022-0302(01)74476-1.

De Rosa, G., Grasso, F., Winckler, C., Bilancione, A., Pacelli, C., Masucci, F., Napolitano, F. (2015). Application of the Welfare Quality protocol to dairy buffalo farms: Prevalence and reliability of selected measures. *Journal Dairy Science*, 98, 6886-6896. doi:10.3168/jds.2015-9350.

DiVita, L.G. (2001). Natural bovine behaviour key to evaluating management practices. *Journal American Veterinary Medical Association*, 218, 181.

Doménech, J.M. (2004). Análisis multivariante. Modelos de regresión. UD6. Construcción de un modelo de regresión múltiple para evaluar un efecto en presencia de interacción y confusión. Signo, Barcelona.

Duncan, I.J.H. (1993). Welfare is to do with what animals' feel. *Journal of Agricultural Environment and Ethics*, 6, 8-14.

Duncan, I.J.H. y Fraser, D. (1997). Understanding animal welfare. En: *Animal welfare*. Appleby, M.C. y Hughes, B.O. (eds). CAB International, Wallingford. Pp. 19-31.

Edmonson, A.J., Lean, I.J., Weaver, L.D., Farver, T. y Webster, G. (1989). A Body Condition Scoring Chart for Holstein Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 72, 68-78. doi:10.3168/jds.S0022-0302(89)79081-0.

EFSA, European Food Safety Authority (2012). EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW); Statement on the use of animal-based measures to assess the welfare of animals. *EFSA Journal*, 10, 2767. doi:10.2903/j.efsa.2012.2767.

EFSA, European Food Safety Authority (2017). EMA and EFSA joint scientific opinion on measures to reduce the need to use antimicrobial agents in animal husbandry in the European Union, and the resulting impacts on food safety (RONAFA). *EFSA Journal* 15. doi:10.2903/j.efsa.2017.4666.

Eicher, S.D., Morrow-Tesch, J.L., Albright, J.L., Dailey, J.W., Young, C.R. y Stanker, L.H. (2000). Tail-docking influences on behavioral, immunological and endocrine responses in dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 83,1456-1462. doi:10.3168/jds.S0022-0302(00)75017-X.

Elkins, D.A. y Rorie, R.W. (2005). Influence of Social Hierarchy on the expression of Estrus and subsequent fertility of Dairy Heifers. *Arkansas Animal Science Department Report*, 535, 67.

Engel, B., Bruin, G., Andre, G. y Buist, W. (2003). Assessment of observer performance in a subjective scoring system: Visual classification of the gait of cows. *Journal of Agricultural Science*, 140, 317-333. doi:10.1017/S0021859603002983.

Fagen, R., Conitz, J., Kunibe, E. (1997). Observing behavioral qualities. *International Journal of Comparative Psychology*, 10, 167–179.

FAWC (1979). Farm animal welfare council: "Press Statement" 1979-12-05. Archived from the original on 2012-10-07.

FARM (2020). Animal Care Reference Manual version 4.0. National Dairy FARM Program. Disponible en: <https://nationaldairyfarm.co/p-content/pload/02//nimal-Care-V4-Manual-Print-Friendly.pdf> Fecha de acceso: 27 de Marzo 2021.

Faulkner, P.M. y Weary, D.M. (2000). Reducing pain after dehorning in dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 83, 2037-204. doi:10.3168/jds.S0022-0302(00)75084-3.

Fernández, M. L. y Cantalapiedra, J. (2016). Benestar Animal e Instalacións. Gando Vacún Leiteiro. Santiago de

Compostela: Xunta de Galicia, Consellería do Medio Rural.

Fetrow, J.K.W., Nordlund, V. y Norman, H.D. (2006). Invited review: Culling: Nomenclature, definitions and recommendations. *Journal of Dairy Science*, 89, 1896-1905. doi:10.3168/jds.S0022-0302(06)72257-3.

Fischer, A., Luginbühl, T., Delattre, L., Delouard, J.M., Faverdin, P. (2015). Rear shape in 3 dimensions summarized by principal component analysis is a good predictor of body condition score in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98, 4465-4476. doi:10.3168/jds.2014-8969.

Fouz R., Yus E., Sanjuán M.L. y Diéguez F.J. 2014. Causas de eliminación en rebaños bovinos lecheros de raza frisona en Control Lechero Oficial. *Información Técnica Económica Agraria* 110, 171–186.

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

Fraser, D. (2008). Understanding animal welfare. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 50, S1 doi:10.1186/1751-0147-50-S1-S1.

Fraser, D. (2009). Assessing animal welfare: different philosophies, different scientific approaches. *Zoo Biology*, 28, 507-518. doi:10.1002/zoo.20253.

Fraser, D. y Weary, D.M. (2004). Quality of life for farm animals: linking science, ethics, and animal welfare. En: *The well-being of farm animals:*

*challenges and solutions* (G.J. Benson & B.R. Rollin, eds). Blackwell, Ames, 39-60.

Galindo, F.A. y Broom, D.M. (2000). The relationship between social behaviour of dairy cows and the occurrence of lameness in three herds. *Research in Veterinary Science*, 69, 75–79. doi:10.1053/rvsc.2000.0391.

Gellrich, K., Sigl, T., Meyer, H.H.D. y Wiedemann, S. (2015). Cortisol levels in skimmed milk during the first 22 weeks of lactation and response to short-term metabolic stress and lameness in dairy cows. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 31, 1-7. doi:10.1186/s40104-015-0035-y.

de Graaf, S., Ampe, B., Winckler, C., Radeski, M., Mounier, L., Kirchner, M.K., Haskell, M.J., van Eerdenburg, F.J., des Roches, C.M., de Boyer, A., Andreasen, S.N., Bijttebier, J., Lauwers, L., Verbeke, W. y Tuytens, F.A.M. (2017). Trained-user opinion about Welfare Quality measures and integrated scoring of dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science*, 100, 6376-6388. doi:10.3168/jds.2016-12255.

Grant, R.J. y Albright, J.L. (2001). Effect of animal grouping on feeding behavior and intake of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 84, E156–E163. doi:10.3168/jds.S0022-0302(01)70210-X.

Green, T.C. y Mellor, D.J. (2011). Extending ideas about animal welfare assessment to include ‘quality of life’ and related concepts. *New Zealand*

*Veterinary Journal*, 59, 263–271. doi:10.1080/00480169.2011.610283.

Greenough, P.R. y Weaver, A.D. (1996). *Lameness in Cattle*. 3rd ed. Saunders, Philadelphia.

Gregory, N.G. y Grandin, T. (1998). *Animal Welfare and Meat Science*. pp: 63-66 CABI publishing 1ª ed., New York NY, USA.

Guzhva, O., Ardö, H., Herlin, A., Nilsson, M., Åström, K. y 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. doi:10.1016/j.compag.2016.07.010.

Gygax, L., Neuffer, I., Kaufmann, C., Hauser, R., Wechsler, B. (2008). Restlessness behaviour, heart rate and heart-rate variability of dairy cows milked in two types of automatic milking systems and auto-tandem milking parlours. *Applied Animal Behaviour Science*, 109, 167-179. doi: 10.1016/j.applanim.2007.03.010.

Grabisch, M. y Labreuche, C. (2010). A decade of application of the Choquet and Sugeno integrals in multi-criteria decision aid. *Annals of Operations Research*, Springer Verlag, 175, pp.247-290. doi: 10.1007/s10479-009-0655-8.

Hand, K. J., Godkin, A. y Kelton, D. F. (2012). Milk production and somatic cell counts: A cow-level analysis. *Journal of Dairy Science*, 95, 1358–1362. doi: 10.3168/jds.2011-4927.

Hauge, S. J., Kielland, C., Ringdal, G., Skjerve, E. y Nafstad, O. (2012). Factors associated with cattle cleanliness on Norwegian dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 95, 2485-2496. doi:10.3168/jds.2011-4786.

Hedlund, L. y Løvlie, H. (2015). Personality and production: Nervous cows produce less milk. *Journal of Dairy Science*, 98, 5819-28. doi: 10.3168/jds.2014-8667.

Hegelund, L., Sorensen, J.T., Johansen, N. (2003). Developing a welfare assessment system for use in commercial organic egg production. *Animal Welfare* 12, 649-653.

Hernandez, A., Berg, C., Eriksson, S., Edstam, L., Orihuela, A., Leon, H., Galina, C. (2017). The Welfare Quality® assessment protocol: how can it be adapted to family farming dual purpose cattle raised under extensive systems in tropical conditions? *Animal Welfare*, 26,177-184. doi:10.7120/09627286.26.2.177.

Henderson, C.R. (1975). Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. *Biometrics*, 31, 423-447.

Heuer, C., Schukken, Y. H. y Dobbelaar, P. (1999). Postpartum body condition score and results from the first test day milk as predictors of disease, fertility, production, and culling in commercial dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 82, 295-304. doi:10.3168/jds.S0022-0302(99)75236-7.

Heuwieser, W., Iwersen, J., Gosselin, J. y Drillich, M. (2010). Short communication: Survey of fresh cow management practices of dairy cattle on small and large commercial farms. *Journal Dairy Science*, 93, 1065-1068. doi:10.3168/jds.2009-2783.

Hogeveen, H., Huijps, K. y Lam, T. (2011). Economic aspects of mastitis: New developments. *New Zealand Veterinary Journal*, 59, 16-23. doi:10.1080/00480169.2011.547165.

Hogeveen, H., Ouweltjes, W.C.J., de Koning, C.J.A.M. y Stelwagen, K. (2001). Milking interval, milk production and milk flow-rate in an automatic milking system. *Livestock Production Science*, 72, 157-167. doi:10.1016/S0301-6226(01)00276-7.

Hovinen, M. y Pyörälä, S. (2011). Invited review: udder health of dairy cows in automatic milking. *Journal of Dairy Science*, 94, 547-562. doi:10.3168/jds.2010-3556.

Hughes, B.O. (1976). Behaviour as an index of welfare. pp. 1005-1018. Proceedings V. European Poultry Conference Malta.

Hulsen, J. (2005). *Cow signals: A practical guide for dairy farm management*. Zutphen (Netherlands): Bergen op Zoom, Roodbont; Vetvice.

Huxley, J.N. y Whay, H. R. (2006). Current attitudes of cattle practitioners to pain and the use of analgesics in cattle. *Veterinary Record*, 159, 662-668. doi: 10.1136/vr.159.20.662.

Ingrand S. (2000). Feeding behaviour, intake and performance in

beef cattle managed in groups. *INRA Productions Animales*, 13, 151–163.

International Committee for Animal Recording (2014). ICAR rules, standards and guidelines for recording milk and milk constituents. En: International agreement of recording practices (ed. ICAR). International Committee for Animal Recording General Assembly, Berlín, Alemania. Pp. 25–57.

Irrange, N. y Knierim, U. (2012). Can pasture access contribute to reduced agonistic interactions and relaxation in the loose housing barn in horned dairy cows? En Waiblinger S, Winckler C, Gutmann A (eds.) *Proceedings of the 46<sup>th</sup> congress of the international society of animal ethology* International Society for Applied Ethology: Vienna, Austria. Pág. 97.

Ito, K., Weary, D.M. y Von Keyserlingk, M.A.G. (2009). Lying behavior: assessing within- and between-herd variation in free-stall-housed dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92, 4412–4420. doi: 10.3168/jds.2009-2235.

Jacobs, J.A. y Siegford, J.M. (2012a). Invited review: The impact of automatic milking systems on dairy cow management, behavior, health, and welfare. *Journal of Dairy Science*, 95, 2227-2247. doi:10.3168/jds.2011-4943.

Jacobs, J.A. y Siegford, J.M. (2012b). Lactating dairy cows adapt quickly to being milked by an automatic milking system. *Journal of Dairy Science*, 95, 1575-1584. doi:10.3168/jds.2011-4710.

Johnsen, P.F., Johannesson, T. y Sandøe, P. (2001). Assessment of farm animal welfare at herd level: Many goals, many methods. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A Animal Science*, 51, 26-33. doi:10.1080/090647001316923027.

Katz, M. H. (2006). *Multivariate analysis: Practical guide for clinicians*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Kaurivi, Y.B., Laven, R., Hickson, R., Stafford, K., Parkinson, T. (2019). Identification of Suitable Animal Welfare Assessment Measures for Extensive Beef Systems. *New Zealand Agriculture*, 9, 66. doi:10.3390/agriculture9030066.

Kjærnes, U. (1999). Food risks and trust relations, *Sociologisk tidsskrift* 7, 265-28.

Knierim, U. y 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.

Kok, A., van Knegsel, A.T.M., van Middelaar, C. E., Hogeveen, H., Kemp, B. y De Boer, I.J.M. (2015). Technical note: Validation of sensor-recorded lying bouts in lactating dairy cows using a 2-sensor approach. *Journal of Dairy Science*, 98, 7911–7916. doi:10.3168/jds.2015-9554.

Krueger, A., Cruickshank, J., Trevisi, E. y Bionaz, M. (2020). Systems for evaluation of welfare on dairy farms. *Journal of Dairy Research*, 87, 13-19. doi:10.1017/S0022029920000461.

Kruip, T.A.M., Stefanowska, J. y Ouweltjes W. (2000). Robot milking and effect on reproduction in dairy cows: a preliminary study. *Animal Reproduction Science*, 60, 443–447.

Langford, F.M. y Stott, A.W. (2012). Culled early or culled late: economic decisions and risks to welfare in dairy cows. *Animal Welfare*, 21, 41-55. doi: 10.7120/096272812X13345905673647.

Lassen, J., Sandøe, P. y Forkman, B. (2006). Happy pigs are dirty! Conflicting perspectives on animal welfare. *Livestock Science*, 103, 221-230. doi:10.1016/j.livsci.2006.05.008.

Laven, R.A. y Jermy, M.C. (2020). Measuring the torque required to cause vertebral dislocation in cattle tails. *New Zealand Veterinary Journal*, 68, 107-111. doi:10.1080/00480169.2019.1685019.

Lee, E.T. y Wang, J.W. (2003). *Statistical methods for survival data analysis*, 3<sup>rd</sup> edition. John Wiley & Sons Inc, Hoboken, NJ, USA.

Lombard, J.E., Tucker, C.B., von Keyserlingk, M.A.G., Koprak, C.A. y Weary, D.M. (2010). Associations between cow hygiene, hock injuries, and free stall usage on US dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 93,4668-4676. doi:10.3168/jds.2010-3225.

Lund, V. (2006). Natural living—a precondition for animal welfare in organic farming. *Livestock Science*, 100, 71-83. doi:10.1016/j.livprodsci.2005.08.005.

Lürzel, S., Barth, K., Windschnurer, I., Futschik, A. y Waiblinger, S. (2018). The influence of gentle interactions with

an experimenter during milking on dairy cows' avoidance distance and milk yield, flow and composition. *Animal*, 12, 340-349. doi:10.1017/S1751731117001495.

MAGRAMA. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2016). Encuestas de efectivos de ganado bovino. Disponible en: [http://www.mapama.gob.es/es/estadisticas/temas/estadisticasagrarias/informebovino2016\\_tcm7-476459.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/estadisticas/temas/estadisticasagrarias/informebovino2016_tcm7-476459.pdf). Fecha de acceso: 16 de Noviembre de 2017.

Main, D.C.J., Leeb, C., Whay, H.R., Hovi, M. y Webster, J. (2004). Bristol Welfare Assurance Programme: animal-based assessment tool for farm animal welfare certification. Disponible en: <http://www.vetschool.bristol.ac.uk/animalwelfare/images/BWAPweboverview.pdf>. Fecha de acceso: 24 Abril 2020.

Main, D.C.J., Whay, H.R., Leeb, C. y Webster, A.J.F. (2007). Formal animal-based welfare assessment in UK certification schemes. *Animal Welfare*, 16, 233-236.

Main, D.C.J., Barker, Z.E., Leach, K.A., Bell, N.J., Whay, H.R. y Browne, W.J., (2010). Sampling strategies for monitoring lameness in dairy cattle. *Journal of dairy science*, 93, 1970-1978. doi:10.3168/jds.2009-2500.

MAPA. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (2021). *Informe de coyuntura del sector vacuno de leche*. Subdirección General de Producciones Ganaderas y Cinegéticas, Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación Secretaría General

Técnica, Centro de Publicaciones, Madrid 2021. Disponible en: [https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/informedecoyuntura-marzo2021\\_reajustadoprecioue\\_tcm30-58835.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/informedecoyuntura-marzo2021_reajustadoprecioue_tcm30-58835.pdf) Fecha de acceso: 1 de Abril de 2021.

MAPA. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (2020). *Estructura del sector vacuno lechero en España 2016-2020*, Subdirección General de Producciones Ganaderas y Cinegéticas, Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios. Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación, Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones, Madrid 2020. Disponible en:

[https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/estructurasectorvacunolechero2016-2020def\\_tcm30-540399.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/estructurasectorvacunolechero2016-2020def_tcm30-540399.pdf) Fecha de acceso: 1 de Abril 2021.

Maroto-Molina, F., Navarro-García, J., Príncipe-Aguirre, K., Gómez-Maqueda, I., Guerrero-Ginel, J. E., Garrido-Varo, A. y Pérez-Marín, D.C. (2019). A Low-Cost IoT-Based System to Monitor the Location of a Whole Herd. *Sensors*, 19, 2298 doi:10.3390/s19102298.

Maroto-Molina, F., Pérez-Marín, CC., Molina-Moreno, L., Agüera-Buendía, E.I. y Pérez-Marín, DC. (2020). Welfare Quality for dairy cows: towards a sensor-based assessment. *Journal of Dairy Research*, 87, 28-33. doi:10.1017/S002202992000045X.

Mattachini, G., Riva, E. Bisaglia, C., Pompe, J.C.A.M. y Provolo G. (2013). Methodology for quantifying the behavioral activity of dairy cows in freestall barns. *Journal of Animal Science*, 91, 4899–4907. doi:10.2527/jas.2012-5554.

March, S., Brinkman, J., y Winckler, C. (2007) Effect of training in the inter-observer reliability of the lameness scoring in dairy cattle. *Animal Welfare*, 16, 131-133.

Martiskainen, P., Järviren, M., Skön, J.P., Tiirikainen, J., Kolehmainen, M. y Mononen J. (2009) Cow behaviour pattern recognition using a three-dimensional accelerometer and support vector machines. *Journal of Applied Animal Behaviour Science*, 119, 32-38. doi:10.1016/j.applanim.2009.03.005.

McKeekan, C.M., Stafford, K.J. y Mellor, D.J. (1998). Effects of regional analgesia and/or a non-steroidal anti-inflammatory analgesic on the acute cortisol responses to dehorning in calves. *Research in Veterinary Science*, 64, 147-15. doi:10.1016/s0034-5288(98)90010-8.

Mellor, D.J. y Reid, C.S.W. (1994). Concepts of animal well-being and predicting the impact of procedures on experimental animals. En: *Improving the Well-being of Animals in the Research Environment*; Baker, R.M., Jenkin, G., Mellor, D.J., Eds.; Australian and New Zealand Council for the Care of Animals in Research and Teaching: Glen Osmond, Australia, pp. 3–18.

Mellor, D.J. y Webster, J.R. (2014). Development of animal welfare

understanding drives change in minimum welfare standards. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*, 33, 121-130.

Mellor, D.J., Beausoleil, N.J., Littlewood, K.E., McLean, A.N., McGreevy, P.D., Jones, B. y Wilkins, C. (2020). The 2020 Five Domains Model: Including Human–Animal Interactions in Assessments of Animal Welfare. *Animals*, 10, 1870. doi:10.3390/ani10101870.

Miguel-pacheco, G.M., Kaler, J., Remnant, J., Cheyne, L., Abbott, C., French, A.P., Pridmore, T.P., Huxley, J.N. (2014). Behavioural changes in dairy cows with lameness in an automatic milking system. *Applied Animal Behaviour Science*, 150, 1-8, doi: 10.1016/j.applanim.2013.11.003.

Miller, K. y Wood-Gush, D.G.M. (1991). Some effect of housing on the social behaviour of dairy cows. *Animal Production*, 53, 271-278. doi:10.1017/S0003356100020262.

Molina, L., Agüera, E.I., Pérez-Marín, C.C. y 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, e0501. doi:10.5424/sjar/2020181-15287

Nueva Zelanda. (2019). Dairy Cattle Code of Welfare. National Animal Welfare Advisory Committee, Wellington, NZ. Disponible en: <https://www.dairynz.co.n/edi/79234/airy>

[-cattle-code-of-welfare-dairy-cattle.pdf.Google Scholar](#)

. Fecha de acceso: 28 de Marzo de 2021.

Nielsen, L. R, Pedersen, A.R., Herskin, M.S. y Munksgaard, L. (2010). Quantifying walking and standing behaviour of dairy cows using a moving average based on output from an accelerometer. *Journal of Applied Animal Behaviour Science*, 127, 12–19 doi:10.1016/j.applanim.2010.08.004.

Nielsen, P. (2013). Automatic registration of grazing behaviour in dairy cows using 3D activity loggers. *Journal of Applied Animal Behaviour Science*, 148, 179-184. doi:10.1016/j.applanim.2013.09.001.

Nixon, M., Bohmanova, J., Jamrozik, J., Schaeffer, L.R., Hand, K. y Miglior, F. (2009). Genetic parameters of milking frequency and milk production traits in Canadian Holsteins milked by an automated milking system. *Journal of Dairy Science*, 92, 3422-3430. doi:10.3168/jds.2008-1689.

Nyman, A.K., Lindberg, A. y Sandgren, C.H. (2011). Can pre-collected register data be used to identify dairy herds with good cattle welfare? *Acta Veterinaria Scandinavica*, 53 (Suppl 1), S8. oi: 10.1186/1751-0147-53-S1-S8.

Olechnowicz, J. y Jaśkowski, J.M. (2011). Reasons for culling, culling due to lameness, and economic losses in dairy cows. *Medycyna Weterynaryjna*. 67, 618-621.

Ohl, F. y van der Staay, F.J. (2012). Animal welfare: At the interface between science and society. *The Veterinary*

- Journal*, 192,13–19. doi: 10.1016/j.tvjl.2011.05.019.
- de Passillé, A.M., Jensen, M.B., Chapinal, N. y Rushen, J. (2010). Technical note: Use of accelerometers to describe gait patterns in dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 93, 3287–3293. doi:10.3168/jds.2009-2758.
- Pinedo, P.J., De Vries, A. y Webb, D.W. (2010). Dynamics of culling risk with disposal codes reported by dairy herd improvement dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 93, 2250–2261. doi:10.3168/jds.2009-2572.
- Pinillos, R.G., Appleby, M.C., Manteca, X., Scott-Park, F., Smith, C. y Velarde, A. (2016). One Welfare – a platform for improving human and animal welfare. *Veterinary Record*, 179, 412-413. doi:10.1136/vr.i5470.
- Polten, R. (2007). *Proceedings of the workshop “Animal welfare improving by labelling”* Brussels, Belgium. Pág. 86.
- Raboisson, D., Mounié, M. y Maigné, E. (2014). Diseases, reproductive performance, and changes in milk production associated with subclinical ketosis in dairy cows: A meta-analysis and review. *Journal of Dairy Science*, 97, 7547–7563. doi: 10.3168/jds.2014-8237.
- Rahman, A., Smith, D.V., Little, B., Ingham, A.B., Greenwood, P.L. y Bishop-Hurley, G.J. (2018). Cattle behaviour classification from collar, halter, and ear tag sensors. *Information processing in agriculture*, 5, 124–133. doi:10.1016/j.inpa.2017.10.001.
- Robbins, J.A., Keyserlingk, M.A.G., Fraser, D. y Weary, D.M. (2016). Invited review: Fram size and animal welfare. *Journal animal science*, 94, 5439-5455. doi: 10.2527/jas2016-0805.
- Roex, J. y Miele, M. (2005). Farm animal welfare concerns. Consumers, Retailers and Producers. En: *Welfare Quality® reports*, Cardiff University: Cardiff, Wales, UK. Pp. 68, 70.
- Rousing, T. y Waiblinger, S. (2004). Evaluation of on-farm methods for testing the human-animal relationship in dairy herds with cubicle loose housing systems -test-retest and inter-observer reliability and consistency to familiarity of test person. *Applied Animal Behaviour Science*, 85, 215-231. doi:10.1016/j.applanim.2003.09.014.
- Rousing, T. y Wemelsfelder, F. (2006). Qualitative assessment of social behaviour of dairy cows housed in loose housing systems. *Applied Animal Behaviour Science*, 101, 40-53. doi:10.1016/j.applanim.2005.12.009.
- Rushen, J., DePasille, A.M.B. y Munksgaard, L. (1999). Fear of People by Cows and Effects on Milk Yield, Behavior, and Heart Rate at Milking. *Journal of Dairy Science*, 82, 720-727. doi:10.3168/jds.S0022-0302(99)75289-6.
- Russel, J.A.A. y Bewley, J.M. (2013). Characterization of Kentucky dairy producer decision-making behavior. *Journal of Dairy Science*, 96, 4751-4758. doi:10.3168/jds.2012-6538.
- Salaün, Y. y Flores, K. (2001). Information quality: meeting the needs of

the consumer. *International Journal of Information Management*, 21, 21-37, doi:10.1016/S0268-4012(00)00048-7.

Sandem, A., Janczak, A.M. y Braastad, B.O. (2004). A short note on effects of exposure to a novel stimulus (umbrella) on behaviour and percentage of eye-white in cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 89, 309-314. doi:10.1016/j.applanim.2004.06.011.

Sarjokari, K., Hovinen, M., Seppä-Lassila, L., Norring, M., Hurme, T., Peltoniemi, O.A.T. y Rajala-Schultz, P. (2018). On-farm deaths of dairy cows are associated with features of freestall barns. *Journal of Dairy Science*, 101, 6253-6261. doi:10.3168/jds.2017-13420.

Schreiner, D.A. y Ruegg, P.L. (2002a). Responses to tail docking in calves and heifers. *Journal of Dairy Science*, 85, 3287-3296. doi:10.3168/jds.S0022-0302(02)74417-2.

Schreiner, D.A. y Ruegg P.L. (2002b). Effects of tail-docking on milk quality and cow cleanliness. *Journal of Dairy Science*, 85, 2503-2511. doi:10.3168/jds.S0022-0302(02)74333-6.

Singer, P. (1975). En: Singer, P. (1999). *Liberación animal*. Trotta 2ª. Ed. Madrid. (1º ed. 1975).

Steenefeld, W., Tauer, L.W., Hogeveen, H. y Oude-Lansink, A.G.J.M. (2012). Comparing technical efficiency of farms with an automatic milking system and a conventional milking system. *Journal of Dairy Science*, 95, 7391-7398. doi: 10.3168/jds.2012-5482.

Stefanowska, J., Plavsic, M., Ipema, A.H., Hendriks, M.M.W.B. (2000). The effect of omitted milking on the behaviour of cows in the context of cluster attachment failure during automatic milking. *Applied Animal Behaviour Science*, 67, 277-291. doi:10.1016/S0168-1591(00)00087-3.

Stilwell, G., Carvalho, R.C.D., Lima, M.S., y Broom, D.M. (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. doi:10.1016/j.applanim.2008.06.008.

Stock, M.L., Baldrige, S.L., Griffin, D. y Coetzee, J.F. (2013). Bovine dehorning: Assessing pain and providing analgesic management. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 29, 103-133. doi: 10.1016/j.cvfa.2012.11.001.

Sundrum, A. (2015). Metabolic disorders in the transition period indicate that the dairy cows' ability to adapt is overstressed. *Animals (Basel)*, 5, 978-1020. doi:10.3390/ani5040395.

Svennersten-Sjaunja, K.M. y Pettersson, G. (2008). Pros and cons of automatic milking in Europe. *Journal Animal Science*, 86, 37-46. doi:10.2527/jas.2007-0527.

Sylvester, S.P., Stafford, K.J., Mellor, D.J. Bruce, R.A. and Ward, R.N. (1998). Acute cortisol responses of calves to four methods of dehorning by amputation. *Australian Veterinary*

*Journal*, 76, 123-126.  
doi:10.1111/j.1751-0813.1998.tb14544.x.

Tannenbaum, J. (1991). Ethics and animal welfare: the inextricable connection. *Journal of the American Veterinarian Medical Association*, 198, 1360-1370.

Toaff-Rosenstein, R. L., Velez, M. y Tucker, C.B. (2017). Technical note: Use of an automated grooming brush by heifers and potential for radiofrequency identification-based measurements of this behavior. *Journal of Dairy Science*, 100, 8430-8437. doi:10.3168/jds.2017-12984.

Tonsor, G.T., Olynk, N. y Wolf, C. (2009). Consumer preferences for animal welfare attributes: The case of gestation crates. *Journal of agriculture and applied economy*, 41, 713-730. doi:10.1017/S1074070800003175.

Trillo, Y., Quintela, L.A., Barrio, M., Becerra, J., Peña, A., Caínzos, J., Díaz de Pablo, C., Vigo, M. y Herradón, P. (2012). Assessment of the welfare level in the resting area on dairy farm in the northwest of Spain. *XVII World Buiatric Congress*, Lisboa, Portugal.

Tse, C., Barkema, H.W., de Vries, T.J., Rushen, J. y Pajor E.A. (2017). Effect of transitioning to automatic milking systems on producers' perceptions of farm management and cow health in the Canadian dairy industry. *Journal of Dairy Science*, 100, 2404-2414. doi:10.3168/jds.2016-11521.

OIE Organización mundial en sanidad animal. (2012). – Código Sanitario para los Animales Terrestres.

OIE, Paris. Disponible en: <https://www.oie.int/es/normas/codigo-terrestre/>. Fecha de acceso: el 4 de enero de 2021).

OIE: World Organization for Animal Health. (2015). Section 7. Animal Welfare. En: OIE code commission (Ed.), Terrestrial Animal Health Code. OIE, Paris.

Val-Laillet, D., Veira, D.M. y von Keyserlingk, M.A.G. (2008). Short Communication: Dominance in Free-Stall-Housed Dairy Cattle Is Dependent upon Resource. *Journal of Dairy Science*, 91, 3922-3926. doi:10.3168/jds.2008-1332.

Vanhonaker, F., Verbeke, W., Van Pouke, E. y Tuytens, F.A. (2008). Do citizens and farmers interpret the concept of farm animal welfare differently. *Livestock Science*, 116, 126-136 doi:10.1016/j.livsci.2007.09.017.

Vázquez Diosdado, J.A., Barker, Z.E., Hodges, H.R., Amory, J.R., Croft, D.P., Bell, N.J. y Codling, E.A. (2015). Classification of behaviour in housed dairy cows using an accelerometer-based activity monitoring system. *Animal Biotelemetry*, 3, 15. doi:10.1186/s40317-015-0045-8.

Veisser, I., Kling-Eveillard, F., Mialon, M.M., Solberberg, M., De Boyer, A., Terlow, C., Ledoux, D., Meunier, B. y 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. doi:10.20870/productions-animales.2019.32.2.2478.

Verbeke, W. (2009). Stakeholder, citizen and consumer interests in farm animal welfare. *Animal Welfare*, 18, 325-333

Vermeir, I. y Verbeke, W. (2006). Sustainable food consumption: exploring the 'attitude-behavioural intention' gap. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 19, 169-194. doi:10.1007/s10806-005-5485-3.

Vickers, K.J., Niel, L., Kiehlbauch, L.M. y Weary, D.M. (2005). Calf response to caustic paste and hot iron dehorning using sedation with and without local anesthetic. *Journal of Dairy Science*, 88, 1454-1459. doi:10.3168/jds.S0022-0302(05)72813-7.

de Vries, M., Bokkers, E.A.M., Dijkstra, T., van Schaik, G. y de Boer, I.J.M. (2011a). Invited review: Associations between variables of routine herd data and dairy cattle welfare indicators. *Journal of Dairy Science*, 94, 3213-3228. doi:10.3168/jds.2011-4169

de Vries, M., Van Schaik, G., Bokkers, E.A.M., Dijkstra, T., y De Boer, I.J.M. (2011b). Characteristics of dairy herds in different Welfare Quality categories. In: Widoski T., Lawlis P., Sheppard K., (eds.) Proceedings of 5<sup>th</sup> international conference on the assessment of welfare at farm and group level. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands. Pág. 9.

de Vries, M., Bokkers, A.M., van Schaik, G., Botreau, R., Engel, B.,

Dijkstra, T. y de Boer, I.J.M. (2013a). Evaluating results of the Welfare Quality multi-criteria evaluation model for classification of the dairy cattle welfare at the herd level. *Journal of Dairy Science*, 96, 6264-6273. doi:10.3168/jds.2012-6129.

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

De Vries, M., Bokkers, E.A.M., Van Schaik, G., Engel, B., Dijkstra, T. y de Boer, I.J.M. (2014). Exploring the value of routinely collected herd data for estimating dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science*, 97, 715-730. doi:10.3168/jds.2013-6585.

Waiblinger, S., Mülleder, C., Schmied, C., y Dembele, I. (2007). Assessing the animals relationship to humans and tied dairy cows: Between-experimenter repeatability of measuring avoidance reactions. *Animal Welfare*, 16, 143-146

Walker, S. L. Smith, R. F. Routly J. E., Jones D. N., Morris M. J., y Dobson H. (2008). Lameness, activity time-budgets, and estrus expression in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 91, 4552-4559. doi:10.3168/jds.2008-1048

Walker, M.D., Duggen, G., Roulston, N., van Slack, A. y Manson, G. (2012). Negative affective states and their effects on morbidity, mortality and longevity. *Animal Welfare*, 21, 497-509. doi:10.7120/09627286.21.4.497.

- Walsh, S. W., Williams, E. J., & Evans, A. C. O. (2011). A review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows. *Animal Reproduction Science*, 123, 127–138. doi:10.1016/j.anireprosci.2010.12.001.
- Wathes, C.M., Kristensen, H.H., Aerts, J.M. y Berckmans, D. (2008). Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall? *Computers and Electronics in Agriculture*, 64, 2-10. doi:10.1016/j.compag.2008.05.005.
- Webster, J. (1993). *Understanding the Dairy Cow*. Blackwell (2ª. Ed.) Oxford, UK. Pp. 374.
- Whay, H.R., Main, D.C.J., Green, L.E., Webster, A.J.F. (2003). Assessment of the welfare of dairy cattle using animal-based measurements: Direct observations and investigation of farm records. *Veterinary Record*, 153, 197–202. doi:10.1136/vr.153.7.197.
- Webster, J. (2016). Animal Welfare: Freedoms, Dominions and “A life worth living”. *Animals*, 6, 35. doi:10.3390/ani6060035
- Welfare Quality (2009). *Welfare Quality®: Assessment protocol for cattle*. Welfare Quality® consortium (Ed.), ASG Veehouderij BV, Lelystad.
- Wenzel, C., Schönreiter-Fischer, S., Unshelm, J. (2003). Studies on step-kick behavior and stress of cows during milking in an automatic milking system. *Livestock Production Science*, 83, 237-246. doi:10.1016/S0301-6226(03)00109-X.
- Wemelsfelder, F. (1997). The scientific validity of subjective concepts in models of animal welfare. *Applied Animal Behaviour Science*, 53, 75-88. doi:10.1016/S0168-1591(96)01152-5.
- Wemelsfelder, F., Hunter, T.E.A., Mendl, M.T. y Lawrence, A.B. (2001). Assessing the ‘whole animal’: a free choice profiling approach. *Animal Behaviour*, 62, 209-220. doi:10.1006/anbe.2001.1741.
- Wemelsfelder, F. (2007). How animals communicate quality of life: the qualitative assessment of behaviour. *Animal Welfare*, 16, 25-31.
- Westin, R., Vaughan, A., de Pasillé, A.M., de Vries, T.J., Pajor, E.A., Pellerin, D., Sigford, J.M., Witaiji, A., Vasseur, E. y Rushen J. (2016). *Journal of Dairy Science*, 99, 3732-3743. doi: 10.3168/jds.2015-10414.
- Wiktorsson, H. y Sørensen, J.T. (2004). Implications of automatic milking on animal welfare. En: Meijering, A. Hogeveen, H. de Koning, C.J.A.M. *Automatic Milking—A Better Understanding*. Pp. 371-381. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands
- Williams, V.M., Mellor, D.J. y Marbrook, J. (2006). Revision of a scale for assessing the severity of live animal manipulations. *ALTEX*, 23, 163–169.
- Winckler, C. y Willen, S. (2001). The reliability and repeatability of a lameness scoring system for use as an indicator of welfare in dairy cattle. *Acta Agriculturae Scandinavica- Section A: Animal*

*Science*, 30, 103-107.  
doi:10.1080/090647001316923162.

Wolfger, B, Jones, B.W., Orsel, K. y Bewley, M. (2017). Technical note: Evaluation of an ear-attached real-time location monitoring system. *Journal of Dairy Science*, 100, 2219- 2224. doi:10.3168/jds.2016-11527.

Woods, A. (2012). From cruelty to welfare: the emergence of farm animal welfare in Britain, 1964–71. *Endeavour*, 36,14-22. doi:10.1016/j.endeavour.2011.10.003.

Williams, M.L., Mac-Parthaláin, N., Brewer, P., James, W.P.J. y Rose, M.T. (2016). A novel behavioral model of the pasture-based dairy cow from GPS data using data mining and machine learning

techniques. *Journal of Dairy Science*, 99, 2063-2075. doi: 10.3168/jds.2015-10254.

Xunta de Galicia (2017). Explotación de rexistro do gando bovino. Consellería do Medio Rural, Santiago de Compostela, Spain. Disponible en: [http://mediorural.xunta.gal/institucional/estadisticas/medio\\_rural/gando\\_bovino/explotacion\\_do\\_gando\\_bovino/](http://mediorural.xunta.gal/institucional/estadisticas/medio_rural/gando_bovino/explotacion_do_gando_bovino/). Fecha de acceso: 30 Enero 2017.

Zhao, K., Bewley, J.M., He, D. y Jin, X. (2016). Automatic lameness detection in dairy cattle based on leg swing analysis with an image processing technique. *Computers and Electronics in Agriculture*, 148, 226-236. doi:10.1016/j.compag.2018.03.014.

**Anexos**

**Capítulo 1. Study on the major welfare problems of dairy cows from the Galicia region (NW Spain).**

## Study on the major welfare problems of dairy cows from the Galicia region (NW Spain)

Ana Bugueiro, José Pedreira, Francisco Javier Diéguez

**A Bugueiro** (Corresponding author) • **FJ Diéguez**

Departamento de Anatomía y Producción Animal, Facultad de Veterinaria de Lugo, Universidade de Santiago de Compostela, Campus Universitario s/n, 27002 Lugo, Spain.  
email: ana.bugueiro@rai.usc.es

**J Pedreira**

Piensos PIGARCRE S.L., Campo da Feira, 13 (Lestón), Paosaco, 15145 Laracha, Spain.

Received: March 23, 2018 • Revised: May 08, 2018 • Accepted: May 08, 2018

**Abstract** The aim of the present paper was to evaluate the dairy cattle welfare in a population from the Galicia region (NW Spain) according to the Welfare Quality<sup>®</sup> protocol guidelines. For this purpose, 37 dairy farms were randomly selected. The on-farm welfare was evaluated according to Welfare Quality<sup>®</sup> guidelines. At principle level, the categorical classification indicated that regarding “good feeding” 5.4% (0%-13.1%) of the farms were classified as “excellent”, 29.7% (14.3%-45.3%) “enhanced”, 48.6% (31.7%-65.5%) “acceptable” and 16.2% (3.8%-28.7%) “not classified”. As regards “good housing”, 5.4% (0%-13.1%) were classified as “excellent”, 64.9% (48.7%-81.0%) “enhanced” and 29.7% (14.3%-45.2%) “acceptable”. 100% (100%-100%) were considered “acceptable” for the “good health” principle. Finally, for “appropriate behaviour” 2.7% (0-8.2%) was classified as “enhanced”, 13.5% (1.9%-25.1%) “acceptable” and 83.8% (71.3%-96.2%) “not classified”. Overall, according to the Welfare Quality<sup>®</sup> protocol 94.6% (86.5%-100%) farms were classified as “acceptable”, 2.7% (0-8.2%) as “enhanced” and 2.7% (0-8.2%) “not classified”. In conclusion, farms from Galicia could only be considered as “acceptable” in terms of animal welfare, presenting many areas for improvement. The principle scored at its lowest has been “appropriate behaviour”, presenting it as an issue not properly taken into the farmer consideration. Another warning aspect is the management of disease, marked on a bad score for “good health”. As it seems, farmers should include new health-control plans providing better prevention of disease, and include anaesthetic and analgesic plans for dehorning.

**Keywords:** dairy cattle, welfare assessment, Welfare Quality<sup>®</sup>

### Introduction

The importance of animal welfare is well recognized by citizens and that animal welfare is an increasingly important factor in food purchasing decisions (Martelli 2009;

Verbeke 2009; Napolitano et al 2010; Vanhonacker and Verbeke 2014; Clark et al 2016).

In cases such as dairy cattle both consumers and producers benefit from the consideration of animal welfare. For producers, well-treated cows result in disease prevention and more milk being produced; welfare decreases instances of disease, injury, and malnutrition. Good welfare can be indicated by high levels of growth and reproduction, normal functioning of physiological and behavioural processes, and ultimately by a high rate of longevity and biological fitness (Fraiser and Broom 1990).

In the EU, the project of Welfare Quality<sup>®</sup> under the title “Integration of animal welfare in the food industry chain” fits perfectly in the purpose of the undertaken research. It is a European project developed under standardised methods of expert assessing animal welfare and standardised methods of integrating this information. It enables farms and slaughterhouses to be assigned to one of four categories and it means a suitable assessment since it includes the innovative focus on animal-based measurements. The welfare of an animal is a characteristic of an animal and not something given by the human (Broom 2006). Welfare scores are calculated based on the severity of problems and their prevalence (Botreau et al 2009).

The aim of the present paper was to identify the welfare problems of dairy cows from the Galicia region (NW Spain) according to the Welfare Quality<sup>®</sup> protocol guidelines.

### Materials and Methods

Area description and herd surveyed

Galicia (NW Spain) is the biggest dairy region in Spain; in 2016 it was responsible for 37% of the milk produced in Spain, constituting approximately 1.9% of the milk produced in the European Union.

The study was carried out in 37 dairy herds randomly selected among the population of dairy farms from Galicia.

The mean herd size of the surveyed herds was 61 lactating cows (standard deviation = 40.3). 31 out of 37 (83.8%) farms were free stalls whereas the remaining 6 (16.2%) were tie stalls. All cows were Holstein breed.

#### Welfare assessment

On farm welfare was evaluated according to the Welfare Quality® protocol (Welfare Quality® consortium 2009) by two assessors, both Veterinarians specialized in dairy cattle and trained accord the Welfare Quality® guidelines (Table 1).

The “good human-animal relationship criteria” was performed in the moment after milking when it is best to assess the “avoidance distance” that has to exist between the assessor and the animal when attempting touch.

After this test, the assessor would observe the collective of animals interacting. Up to the herd size, the hold time period of observation has to be at least 1 hour. At this moment the number of animals lying entirely or half in the lying area, eating or drinking is recorded. This leads to the results of “absence of prolonged thirst” and “comfort around resting” criteria. During the recording time, the criterion of “expression of social behaviour” is additionally annotated (Table 2). Also, every instance of coughing is checked each interval of 15 min for its inclusion in the “absence of disease” score.

There is a hold time of observation which needs special attention: that of a cow lying down to count the seconds it needs to perform this (“comfort around resting criteria”).

The third step is to go next to the animals to check individually different characteristic from it. At the same point, all the integument alterations are checked. To finalise any kind of disease indicator is counted. All this measurements will be included in the “absence of disease” score.

Once finished, it is advisory to check how clean the water points are, to be included as an indicator of “absence of thirst” criteria.

The last step asks to hold a short interview with the farmer to be informed about the tethered management. Data to integrate under the “absence of pain by management procedures”, “absence of disease”, “ease of movement” and “expression of social behaviour criteria” should have been collected after interviewing.

#### Data analysis

Data were processed with SPSS 11.0. Descriptive statistics were estimated for the different measures collected on the farms. Besides, the Pearson correlation coefficient was used to determine whether exists correlation between these measures. Descriptive statistics were also estimated for the scores obtained in the different criteria and principles considered in the protocol.

**Table 1** Welfare Quality® principles, criteria and measures, and type of data produced for dairy cattle.

Welfare principle	Welfare criteria	Measures
Good feeding	Absence of prolonged hunger criteria	Body condition score (Very lean < 2.25 BC)
	Absence of prolonged thirst criteria	Water provision, Cleanliness of water points, Water flow, Functioning of water points
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 udder, Flank/upper legs and lower legs
	Thermal comfort	No measure for dairy cattle
Good health	Ease of movement criteria	Presence of tethering, Access to outdoor loafing area or pasture
	Absence of injuries criteria	Lameness (loose house animals), Lameness (tied animals), Integument alteration (hairless patches and lesions swelling)
	Absence of disease criteria	Coughing, Nasal discharge, Ocular discharge, Hampered respiration, Vulvar discharge, Milk somatic cell count, Mortality, Dystocia, Downer cows
	Absence of pain by management procedures criteria	Disturbing/dehorning, Tall docking
	Expression of social behaviour criteria	Agonistic behaviour
Appropriate behaviour	Expression of other behaviour criteria	Access to pasture
	Good human-animal relationship criteria	Avoidance distance at the feeding place
	Positive emotional state	Behaviour observations



**Table 2** Explanation of the different social behaviour following the protocol (Welfare Quality® consortium 2009).

Displacement	Interaction involving physical contact and provokes the receiver gives up its position waking away for at least half an animal-length or stepping aside for at least one animal-width.
Head butts	Butting, hitting, thrusting, striking, pushing and the receiver does not give up its present position
Fighting	Two contestants vigorously pushing their heads against each other while stemming their feet into the ground
Chasing up	An animal actor uses forceful physical contact, being either butting or pushing or shoving, against a lying animal which stands the receiver rise

## Results

The estimations of the mean values of the animal measurements recorded during the farm visits, along with their confidence intervals, are presented in Table 3. Measurements that correlate significantly, with their corresponding  $p$  values are presented in Table 4.

From the measurements recorded in the farms, the scores for each of the eleven welfare criteria reflected in the protocol were also estimated for the studied population

(thermal comfort was not assessed). These scores are summarized in Table 5.

The worst scores were obtained for “expression of social behaviours”, “expression of other behaviours”, “positive emotional state” and “absence of pain induced by management procedures”. These four principles obtained mean scores below 30.

**Table 3** Descriptive statistics (mean and 95% confidence interval) of the measures collected on the 37 farms.

Variable	Value (95% C.I.)
Prevalence of very lean cows, %	19.40 (14.44-24.36)
% with clean or partly dirty water points	64.90 (49.00-81.00)
% in which water flow was adequate	70.27 (54.22-82.51)
% in which water flow was partly adequate	21.62 (11.39-37.20)
Duration lying down behaviour (s), mean	5.73 (5.36-6.10)
Prevalence of collisions with equipment during lying down, %	11.08 (5.30-16.87)
Prevalence of animals lying partly or completely outside the lying area, %	2.62 (0.75-4.50)
Prevalence of animals with dirty legs, %	72.19 (61.78-82.59)
Prevalence of animals with dirty udders, %	36.47 (26.42-46.51)
Prevalence of animals with dirty flanks, %	53.25 (42.55-63.95)
% of farms with outdoor loafing area available	10.86 (4.29-24.71)
% of farms that allowed access to pasture	24.32 (13.36-40.12)
Prevalence of lame cows, %	3.20 (1.83-4.56)
Prevalence of severely lame cows, %	10.18 (6.99-13.37)
Prevalence of mild integument alterations, %	21.42 (15.71-27.12)
Prevalence of severe integument alterations, %	27.67 (21.77-33.56)
Frequency of coughing per cow per 15 min	0.37 (0-0.89)
Prevalence of nasal discharge, %	5.26 (3.43-7.09)
Prevalence of ocular discharge, %	1.03 (0.39-1.66)
Prevalence of increased respiratory rate, %	1.42 (0.47-2.37)
Prevalence of diarrhoea, %	3.23 (1.69-4.77)
Prevalence of vulvar discharge, %	2.85 (1.76-3.95)
Prevalence of mastitis, %	0.35 (0-0.73)
Prevalence of involuntary culling, %	4.23 (2.76-5.70)
Prevalence of dystocia, %	4.50 (2.75-6.25)
Prevalence of downer cows, %	2.89 (1.71-4.07)
% of farms that dehorn calves	98 (96.2-100)
% of farms applied tail docking	0 (0-0)
Frequency of butts per cow per hour, mean	3.48 (2.67-4.30)
Frequency of other agonistic behaviours per cow per hours, mean	21.22 (15.90-26.56)
Prevalence of animals that can be touched, %	65.87 (60.41-71.34)
Prevalence of animals approached at <0.5 m, %	0.94 (0-2.17)
Prevalence of animals approached at <1 and >0.5 m, %	1.10 (0-2.36)
Prevalence of animals that cannot be touched, %	31.94 (26.15-37.72)

Most farmers dehorn calves by chemical (82.9%) or thermal (17.1%) procedures, however, only 2.85% used analgesics and 0% anaesthetics.

On the contrary, the main strengths regarding welfare are related to “ease of movements” and “absence of prolonged thirst”.

From the previous data, scores were estimated at principle level. A descriptive analysis of these figures is presented in Table 6.

At principle level, the categorical classification indicated that regarding “good feeding” 5.4% (0%-13.1%) of the farms were classified as “excellent”, 29.7% (14.3%-

45.3%) “enhanced”, 48.6% (31.7%-65.5%) “acceptable” and 16.2% (3.8%-28.7%) “not classified”. As regards “good housing”, 5.4% (0%-13.1%) were classified as “excellent”, 64.9% (48.7%-81.0%) “enhanced” and 29.7% (14.3%-45.2%) “acceptable”. 100% (100%-100%) were considered “acceptable” for the “good health” principle. Finally, for “appropriate behaviour” 2.7% (0-8.2%) were classified as “enhanced”, 13.5% (1.9%-25.1%) “acceptable” and 83.8% (71.3%-96.2%) “not classified”.

Overall, according to the WQ protocol 94.6% (86.5%-100%) farms were classified as “acceptable”, 2.7% (0-8.2%) as “enhanced” and 2.7% (0-8.2%) “not classified”.

**Table 4** Pearson correlation coefficients (along with the p-values) for those measures that correlated significantly.

Measures	$\rho$	p-value
% lean cow/% severely lame cows	0.386	0.018
% lying down movements with collisions/% severely lame cows	0.398	0.015
% cows with dirty legs/% with severe integument alterations	0.349	0.035
% cows with dirty flanks/% with severe integument alterations	0.329	0.047
% cows with dirty flanks/% severely lame	0.522	0.001
% cows with dirty udder/% severely lame	0.458	0.004
% cows with dirty legs/% mortality last 12 months	0.348	0.035
% cows with dirty udder/% mortality last 12 months	0.369	0.025
% cows with dirty flanks/% mortality last 12 months	0.398	0.015
% severely lame cows/% cows that can be touched	0.363	0.027
frequency of coughing/frequency of aggressive events (except butts)	0.512	0.001
% cows with increased respiratory rate/frequency of aggressive events (except butts)	0.438	0.007

**Table 5** Descriptive statistics (mean with 95% confidence interval and percentiles) on criterion scores from the 37 dairy farms (expressed on a 0 to 100 value scale in which 0 correspond to the worst situation, 50 to a neutral situation and 100 to the best situation).

	Mean (95% confidence interval)	Percentiles				
		10	25	Median	75	90
Absence of prolonged hunger	40.98 (32.86-49.11)	14.34	29.95	37.50	55.75	82.22
Absence of prolonged thirst	69.00 (56.60-81.39)	26.20	32.00	100.00	100.00	100.00
Comfort around resting	44.66 (38.23-51.09)	14.72	35.10	45.10	54.75	66.44
Ease of movement	92.35 (84.86-99.83)	34.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Absence of injuries	49.87 (42.49-57.25)	24.58	32.70	43.20	66.55	83.58
Absence of diseases	49.41 (41.94-56.89)	24.70	30.20	44.80	60.60	86.00
Absence of pain induced by management procedures	26.31 (20.18-32.44)	20.00	20.00	20.00	26.35	30.60
Expression of social behaviours	4.68 (0.00-10.23)	0.00	0.00	0.00	0.00	12.74
Expression of other behaviours	16.47 (4.60-28.33)	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
Good human-animal relationship	41.02 (34.74-47.30)	21.20	27.50	32.90	51.35	76.00
Positive emotional state	23.80	23.80	23.80	23.80	23.80	23.80

**Discussion**

Most farms in the studied population were found globally “acceptable” according to the Welfare Quality® protocol, which means that there is a significant scope for improving many issues affecting dairy cattle welfare.

The mean score estimated in the present paper for the principle “good feeding” was 44.38; on the whole, farms from Galicia, can only be considered as “acceptable”. The main

drawback for this score was the “percentage of lean cows” (affecting, in turn, the criterion of “absence of prolonged hunger”). This percentage reaches 19.4% in the studied population. On the contrary, as regards “absent of prolonged thirst” more than 50% of the farms had scores of 100. No previous studies reported these welfare measures in other Spanish populations. However, in the border country of France, de Boyer et al (2014) found a lower result when using also the Welfare Quality® protocol. Differences could be



[doi.org/10.31893/2318-1265jabb.v6n3p84-89](https://doi.org/10.31893/2318-1265jabb.v6n3p84-89)

partly related to differences in breed (in France included Montbéliarde besides Holstein) or farms design.

A moderate positive correlation was found between % of lean and % of severely lame cows in the present study. Previously, a positive correlation was also found between BCS and locomotion score, since lame cows have more difficulty accessing food (Bowell et al 2003).

Overall, the studied population could be classified as “enhanced” for the second principle: “good housing”. The time needed to lying down in the surveyed herds was close to normal. The % of collisions during lying down seems to be moderately correlated with the % presence of severely lame cows. The main limitation regarding this principle was related to cleanliness, in which the farms on average showed serious problems. Cattle cleanliness affects hygienic milk production and thermoregulation; manure can also etch into the skin and cause subclinical infection and lesions, issues of concern for animal welfare (Hauge et al 2012). In this concern were found significant moderate correlations between cleanliness and the % of severe integument alterations and the % of severe lameness.

When assessing the “good health” principle, the data reflecting “absent of injuries” indicated a 3.20% of lame cows and 10.18% of severely lame. Most recent studies on lameness showed very different statistics. In Irish dairy herds the

lameness prevalence ranged from 9-17% (Somers and O’Grady 2015). In the UK, the estimated prevalence of lame and severely lame cows was 36.8% (Barker et al 2010). In Austria the median prevalence of severely lame cows was 4% (Rouha-Mülleder et al 2009). Assessing the cattle welfare in France, de Boyer et al (2014) indicated that the median percentage of lameness was 70.9%. Integument alterations are also common findings in cattle, reflecting conflict between the animals and their housing equipment. Following the protocol, 21.42% of the cows in Galicia had mild alterations and 27.67% severe. Brenninkmeyer et al (2015), in a study carried up in Germany indicated a median farm prevalence up to 83% for different integument lesions. In France, the estimated median prevalence in cows for these kind of lesions was 33.1% (de Boyer et al 2014).

Tail docking, is not allowed by the Galicia regional regulations. Although, disbudding of calves is a widespread practice in Galicia. However, in Galicia, a dehorning procedure is performed always without anaesthesia and almost always without analgesia. The administration of a local anaesthetic and analgesia reduces de rise in cortisol observed after dehorning and behavioural indications of pain during the action (McMeekan et al 1998; Sylvester et al 1998; Faulkner and Weary 2000; Vickers 2005; Stilwell et al 2009; Stock et al 2013).

**Table 6** Descriptive statistics (mean with 95% confidence interval and percentiles) on principle scores from the 37 dairy farms (expressed on a 0 to100 value scale in which 0 correspond to the worst situation, 50 to a neutral situation and 100 to the best situation).

	Mean (95% confidence interval)	Percentiles				
		10	25	Median	75	90
Good feeding	44.38 (37.06-51.70)	16.76	28.50	45.40	57.50	73.14
Good housing	61.75 (56.65-66.85)	33.14	37.00	65.40	70.90	77.18
Good health	33.49 (30.46-36.51)	22.44	25.75	32.60	40.90	46.08
Appropriate behaviour	13.27 (8.82-17.71)	6.20	6.90	8.10	14.35	28.36

“Appropriate behaviour” is the worst rated of all principles (on average the farms were “not classified”). This is the basic relation to the expression of social behaviours and other behaviours. Bovine is a social species; animals in groups form a dominance hierarchy. In the studied population only 24.3% of the farms allowed access to pasture, which correspond mainly with those in tie-stalls. Longer pasture access (8 compared to 4 hours) improved the relaxing effects, indicated through lower heart rates and less aggressive interactions (Irrange and Knierim 2012). In general animal to animal interaction seems to be the mean limitation for “appropriate behaviour” in the studied population since human-animal interaction, measured through avoidance distance, had an acceptable score. In the present paper avoidance distance was also correlated to lameness. On the contrary, Mülleder et al (2003) found this correlation but they could not conclude that lameness correlated significantly with avoidance distance.

## Conclusions

In conclusion, farms from Galicia could only be considered as “acceptable” in terms of animal welfare, presenting many areas for improvement. The principle scored at its lowest has been appropriate behaviour, presenting it as an issue not properly taken into farmer consideration. Another warning aspect is the management of disease, marked on a bad score for good health: As it seems, farmers should include new health-control plans providing better prevention of disease, and including anaesthetic and analgesic plans for dehorning. In spite of farm being conscious of good housing, it can be concluded that dairy cows in Galicia are according to the protocol, exposed to important problems related to health and behaviour.

## Acknowledgements

Thanks are due to Nate Tabor and Pepa Bugueiro for their patience and proof reading. To all farms part of this research.

## References


- Barker ZE, Leach KA, Whay HR, Bell NJ, Main DC (2010) Assessment of lameness prevalence and associated risk factors in dairy herds in England and Wales. *Journal of Dairy Science* 93:932-941.
- Botreau R, Veissier I, Perny P (2009) Overall assessment of animal welfare: Strategy adopted in Welfare Quality®. *Animal Welfare* 18:363-370.
- Boyer des Roches A, Vessier 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. *Animal welfare* 23:467-478.
- Bowell VA, Rennie LJ, Tierney G, Lawrence AB and Haskell MJ (2003) Relationship between building design, management system and dairy cow welfare. *Animal Welfare* 12:547-552.
- Broom DM (2006) Behaviour and welfare in relation to pathology. *Applied Animal Behaviour Science* 97:73-83.
- Brenninkmeyer C, Dippel S, Brinkman J, March S, Winckler C, Knierim U (2015) Investigating integument alterations in cubicle housed dairy cows: which types and locations can be combined? *Animal* 6:1-7.
- Clark B, Stewart GB, Panzone LA, Kyriazakis I, Frewer LJ (2016) A systematic review of public attitudes, perceptions and behaviours towards production diseases associated with farm animal welfare. *Journal of Agriculture and Environmental Ethics* 29: 455-478.
- Faulkner PM and Weary DM (2000) Reducing pain after dehorning in dairy calves. *Journal of Dairy Science*. 83:2037-2041.
- Fraiser F and Broom DM (1990) *Farm animal behaviour and welfare*. Baillière Tindall: London, UK.
- Hauge SJ, Kielland C, Ringdal G, Skjerve E, Nafstad O (2012) Factors associated with cattle cleanliness on Norwegian dairy farms. *Journal of Dairy Science* 95:2485-2496.
- Irrange N and Knierim U (2012) Can pasture access contribute to reduced agonistic interactions and relaxation in the loose housing barn in horned dairy cows? In: Waiblinger S, Winckler C, Gutmann A (eds.) *Proceedings of the 46<sup>th</sup> congress of the international society of animal ethology International Society for Applied Ethology: Vienna, Austria*, pp 97.
- Martelli G (2009) Consumer's perception of farm animal welfare: a Italian and European perspective. *Italian Journal of Animal Science* 8:31-41.
- McKeekan CM, Stafford KJ, Mellor DJ (1998) Effects of regional analgesia and/or a non-steroidal anti-inflammatory analgesic on the acute cortisol responses to dehorning in calves. *Research in Veterinary Science* 64:147-15.
- Müllerder C, Troxler J, Waiblinger S (2003) Methodological aspects for the assessment of social behavior and avoidance distance on dairy farms. *Animal Welfare* 12:579-584.
- Napolitano F, Girolami A, Braguieri A (2010) Consumer liking and willingness to pay for high welfare animal-based products. *Trends in Food Science & Technology* 21:537-543.
- Rouha-Mülleder C, Iben C, Wagner E, Laaha G, Troxler J, Waiblinger S (2009) Relative importance of factors influencing the prevalence of lameness in Australian cubicle loose-housed dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine* 92:123-133.
- Somers J and O'Grady L (2015). Foot lesions in lame cows on 10 dairy farms in Ireland. *Irish Veterinary Journal* 68:10.
- Stilwell G, Carvalho RCD, Lima MS, and Broom DM (2009) Applied animal behaviour science. *Applied Animal Behaviour Science* 116:35-44.
- Stock ML, Baldrige SL Griffin D and Coetzee JF (2013) Bovine dehorning: Assessing pain and providing analgesic management. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice* 29:103-133.
- Sylvester SP, Stafford KJ, Mellor DJ, Bruce RA, Ward RN (1998). Acute cortisol responses of calves to four methods of dehorning by amputation. *Australian Veterinary Journal* 76:123-126.
- Vanhonacker F and Verbeke W (2014) Public and consumer policies for higher welfare food products: Challenges and opportunities. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 27:153-171.
- Verbeke W (2009) Stakeholder, citizen and consumer interests in farm animal welfare. *Animal Welfare* 18:325-333.
- Vickers KJ, Niel L, Kiehlbauch LM, Weary DM (2005). Calf response to caustic paste and hot iron dehorning using sedation with and without local anesthetic. *Journal of Dairy Science* 88:1454-1459.
- Welfare Quality® consortium (2009) *Welfare Quality® applied to dairy cows Welfare Quality® consortium (ed) Welfare Quality®: Assessment protocol for cattle ASG Veehouderij BV: Lelystad, The Netherlands*, pp 69-111.

## **Capítulo 2. Associations between on-farm welfare, milk production, and reproductive performance in dairy herds in north-western Spain**

FARM



## Associations between On-farm Welfare, Milk Production, and Reproductive Performance in Dairy Herds in Northwestern Spain

Ana Bugueiro<sup>a</sup>, Ramiro Fouz<sup>b</sup>, and Francisco J. Diéguez <sup>a</sup><sup>a</sup>Anatomy and Animal Production Department, Veterinary Faculty of Lugo, Santiago de Compostela University, Lugo, Spain; <sup>b</sup>AFRICOR Lugo, Lugo, Spain

### ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the relationship between on-farm welfare, milk production, and reproductive performance in dairy herds in northwestern Spain. Data on the welfare status from 31 herds were collected using the Welfare Quality<sup>®</sup> protocol. Linear regression was applied to assess associations between WQ criteria/principle scores on farm average 305-d milk production and calving to conception interval (CCI). Results indicated that milk production was associated with the absence of prolonged hunger criterion (average increase of 22.33kg per unit score). Each one unit increase in the score for good feeding was also associated with a 26.49kg increase in milk production. A 10 unit increase in the scores for the absence of pain (by management procedures), expression of social behaviors, and absence of injuries was associated with reductions in CCI by 1.77, 0.8, and 0.29 days. CCI also decreased by 1.08 and 0.53 days when the principles of good health and appropriate behavior increased by 10 units. This study points out associations which can help encourage the dairy cattle sector to adopt practices that promote animal welfare.

### KEYWORDS

Welfare Quality<sup>®</sup>; dairy cow; milk production; milk yield; calving to conception interval

### Introduction

Development of methods for assessing welfare at farm level has grown since the late 1990s. The Welfare Quality<sup>®</sup> (WQ) European Union project produces protocols for assessing the welfare status of different animal species, including dairy cattle. These protocols are considered sufficiently valid, reliable, and feasible and are being used more widely for farm animal welfare assessments (Andreasen, Wemelsfelder, Sandøe, & Forkman, 2013; Knierim & Winckler, 2009). The assessment is mostly animal-based, although also accounting for management-based issues, such as the number and functioning of water points for the absence of thirst criterion. Farm size accounts for both lactating and dry cows. The protocol includes 30 farm-level measurements, which correspond to 12 criteria, and translate into a score of 4 principles (Welfare Quality<sup>®</sup>, 2009). These are described as good feeding, good housing, good health, and appropriate behavior (Table 1).

However, results from previous studies still showed a considerable number of unresolved challenges. Significantly, in the dairy cattle protocol, some farm-level measurements rated as most important by the trained users (e.g., lameness and mortality) had a lower effect on the WQ overall category (de Graff et al., 2017). Hence, the protocol should be frequently reviewed and adjusted for constant improvement (Andreasen et al., 2013; Knierim & Winckler, 2009).

The effects of stress on productivity have been widely studied, but the way they work is not well understood (Bova et al., 2014). Animals under stress from impaired welfare show endocrine

**CONTACT** Francisco J. Diéguez  franciscojavier.dieguez@usc.es  Anatomy and Animal Production Department, Veterinary Faculty of Lugo, Santiago de Compostela University, Campus Universitario, Lugo 27002, Spain

© 2020 Infoma UK Limited, trading as Taylor & Francis Group

**Table 1.** Welfare Quality® principles, criteria, and measures according to the assessment protocol for dairy cattle.

Welfare principle	Welfare criteria	Measures
Good feeding	Absence of prolonged hunger	Body condition score (Very lean: body condition score of 1 on a scale 0-1-2) Water provision, cleanliness of water points, water flow, functioning of water points
	Absence of prolonged thirst	
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 udder, flank/upper legs, and lower legs
	*	
Good health	Ease of movement criteria	Access to outdoor loafing area or pasture
	Absence of injuries criteria	Lameness (loose house animals), integument alteration (i.e., lesions, swellings, and hairless patches)
	Absence of disease criteria	Coughing, nasal discharge, ocular discharge, hampered respiration, vulvar discharge, milk somatic cell count, mortality, dystocia, downer cows
Appropriate behavior	Absence of pain by management procedures criteria	Disbudding/dehorning, tail docking
	Expression of social behavior criteria	Agonistic behavior
	Expression of other behavior criteria	Access to pasture
	Good human–animal relationship criteria	Avoidance distance at the feeding place
	Positive emotional state	Behavior observations (qualitative behavior assessment to measure how animals can be active, relaxed, content, fearful, agitated, indifferent, distressed ...)

\*Thermal comfort criteria are not included for dairy cattle.

changes (Bristow & Holmes, 2007; Möstl & Palme, 2002), which may adversely affect reproductive performance (Thun, Kaufmann, & Janett, 1998). Thereby, previous studies were designed to determine if certain regular measurements on dairy farms could be used as indicators of well being. De Vries, Bokkers, Dijkstra, van Schaik, and de Boer (2011) reviewed the literature seeking to associate variables of routine herd data (related to identification and registration, management, milk production, milk composition, and reproduction) with welfare indicators (as reflected by the WQ protocol). The variables that related to milk yield and reproduction were associated with the largest number of welfare indicators (especially those concerning feeding, housing, and health). Few associations were found with indicators that referred to behavioral aspects. Another study by Coignard et al. (2014) indicated that the overall farm welfare score (obtained using WQ) was negatively associated with milk production. Accordingly, they considered that milk production could not be used as an indicator of overall good welfare, since higher milk production is associated with a higher occurrence of health disorders.

Previously, Nyman, Lindberg, and Sandgren (2011) studied how routine farm register data could be used to identify herds with good welfare. They considered that the percentage of cows with late ongoing artificial inseminations (>120 days), the percentage of heifers without mating/artificial insemination by 17 months of age, stillbirth rate, cow mortality, mastitis incidence, and incidence of feed-related diseases could be used to distinguish between herds with good welfare and herds with welfare deficiencies.

These studies have shown that welfare is related to herd performance, but they do not always show homogeneity, which could be due in part to difficulties inherent in assessing animal welfare, as well as the different methodological approaches. In Spain, there is no previous literature on cattle welfare status, and therefore new studies could help improve the consistency of previous knowledge. In this study, the 305-d milk yield and CCI were chosen as measures of performance. The 305-d milk yield allows for a comparison of production between farms, whatever their average lactation number or number of heifers per herd. CCI is a suitable indicator of reproduction performance. A short CCI indicates a well-planned voluntary waiting period, good estrus detection, and a high pregnancy rate.

The aim of the present study was to evaluate how Welfare Quality® scores at the criteria and principle levels were associated with farm average 305-d milk production and calving to conception interval (CCI) in 31 dairy herds in the Northwest of Spain.

## Materials and methods

### *Area description, studied population, and data collection*

The present study was carried out in Galicia (NW Spain). Galicia is Spain's largest dairy producer (MAPAMA, 2018). In 2016 it accounted for 37% of the milk produced in Spain, which amounted to approximately 1.9% of the milk produced in the European Union. The survey was organized using data from the Spanish general register of cattle farms (REGA). In Galicia, at the beginning of the study, 11,014 dairy herds were registered, mostly (98%) Holstein breed (Xunta de Galicia, 2017). Thirty-two free-stall farms were selected by means of random sampling, of which 31 were willing to participate. This sample size was convenience based due to limited human resources and time required to complete the protocol.

From November 2014 to May 2015, on-farm welfare was evaluated in these herds using the WQ protocol, by one of two possible assessors, both veterinarians, specialized in dairy cattle and trained according to the WQ guidelines in a control farm. The protocol divides four final principles from twelve criteria (except for thermal in dairy cattle) (Table 1). All principles and criteria are expressed on a 0 to 100 scale, in which 0 corresponds to the worst situation, 50 to a neutral, and 100 to the best situation (Welfare Quality®, 2009). Thereby, in the studied population, WQ principle and criteria scores were assigned, as indicated by the protocol.

The two evaluators first applied the protocol to five farms, not considered for the data analysis, in order to evaluate inter-observer reproducibility.

Additionally, for each studied herd, the following information was extracted from the database of Galicia's Dairy Herd Improvement Program (DHIP): farm average calving number in 2015, farm average 305-d milk production for the animals that finished a lactation in 2015 and their average breeding value for milk production. Also, farm average CCI for cows that were pregnant in 2015, along with their average breeding value for CCI. Breeding values for milk production and CCI were estimated using best linear unbiased prediction methodology (Henderson, 1975). The 305-d milk production was included in the study as energy corrected milk (adjusted to 3.5% fat and 3.2% protein), which was calculated using the formula:

$$\text{kg milk} \times (0.383 * \% \text{ fat} + 0.242 * \% \text{ protein} + 0.7832) / 3.1138 \text{ (IFCN, 2018)}$$

### *Statistical analysis*

All analyses were performed using SPSS 15.0 (SPSS Inc, Chicago, IL). Inter-observer reproducibility on five test farms was calculated by means of agreement intra-class correlation coefficient (ICC), which compared the scores obtained by both assessors on the 12 welfare criteria (except for thermal).

Pearson correlation coefficients (R) were calculated to assess unconditional associations for WQ principle and criteria scores with farm average 305-d milk production and CCI. Those scores that were unconditionally associated at  $p \leq 0.15$  were entered into multivariable linear regression models. The unconditional associations for farm average calving number and farm average breeding value for milk production with farm average 305-d milk production, and farm average calving number, farm average breeding value for CCI and farm average 305-d milk production with CCI were also assessed.

In this way, four linear regression models were applied (using backward elimination procedures) to assess how WQ scores and production related to reproduction performance. The first model included the farm average 305-d milk production as the dependent variable and the WQ criteria related to milk production ( $p \leq 0.15$ ), as indicated, as independent variables. In addition, other factors were also considered as independent variables, if unconditionally associated ( $p < 0.15$ ) with

milk production: farm average calving number and farm average breeding value for milk production. The second model was similar, but it assessed WQ principles instead of criteria.

The third model included the farm average CCI as the dependent variable and, again, welfare criteria related to CCI in the initial correlation analysis ( $p \leq 0.15$ ) as independent variables. In addition, farm average calving number, farm average 305-d milk yield, and farm average breeding value for CCI were included as independent variables when relevant to the model ( $p \leq 0.15$ ). As in the previous case, the fourth model was applied as above, but evaluating principles, rather than criteria. For the models, when a variable changed the effect of the remaining coefficients by 10% or more, it was considered a confounder and stayed in the model, regardless of its level of significance (Doménech, 2004).

The Durbin–Watson (DW) test was used to verify the residual independence between variables for all the models. If the residual results are uncorrelated, the DW statistic is approximately 2. As standardized residual normality, the Kolmogorov–Smirnov (KS) test was used; a non-significant p-value indicates that the data come from a normal distribution. Finally, the variance inflation factor (VIF) was used to quantify collinearity (greater proximity to one indicates a lower correlation among variables).

## Results

Mean ICC for the WQ criteria scores assigned by the two assessors on five test farms (not included in the sample) was 0.78, ranging from 0.96 for absent of prolonged hunger to 0.68 for expression of social behaviors. Mean ICC for the WQ principle scores was 0.76, ranging from 0.88 for good feeding to 0.71 for appropriate behavior.

As regards the study sample, the mean herd size was 67.8 cows (standard deviation = 41.43; 95% confidence interval: 52.6– 83.0; Median = 50.0; Minimum = 16; Maximum = 180). Total mixed rations and component feeding were used on 80.6% ( $n = 25$ ) and 19.4% ( $n = 66$ ) of farms, respectively. Cows on all farms were Holstein breed.

Descriptive statistics for milk production and reproductive variables, obtained from the DHIP, are presented in Table 2. Mean (95% confidence interval) WQ principle and criteria scores are summarized in Table 3.

The WQ criteria and principles whose correlation coefficients with farm average 305-d milk yield or farm average CCI had  $p \leq 0.15$  are presented in Table 4. In addition, 305-d milk production was also unconditionally associated with farm average breeding value for milk production. CCI was unconditionally associated with a 305-d milk yield.

The first regression model indicated that farm average 305-d milk yield increased by 22.33 kg for each unit increase in the score for the absence of prolonged hunger (Table 4). Besides, for each one-unit increase in farm average breeding value for milk yield, the model predicted an increase of 3.26 kg (Table 5). The R-square showed that 42.8.% of the variance in farm average 305-d milk yield

**Table 2.** Descriptive statistics for milk production and reproductive variables of the 31 free-stall dairy farms (from northwestern Spain) included in the study.

	<sup>a</sup> Mean (95% confidence interval)	<sup>a</sup> Median (min–max)	<sup>a</sup> Standard deviation
Farm average calving number	2.5 (2.3–2.7)	2.4 (1.9–3.4)	0.4
Energy corrected farm average 305-d milk production (Kg)	9426.4 (8852.3–10000.4)	9253.8 (7920.4–12642.5)	1191.0
Farm average breeding value for milk production	411.1 (365.5–456.7)	409.0 (164.0–595.0)	124.4
Farm average calving to conception interval (days)	158.1 (151.6–164.6)	156.0 (125.0–218.0)	17.7
Farm average breeding value for calving to conception interval	103.7 (93.7–114.7)	102.9 (81.0–132.0)	9.3

<sup>a</sup>Data obtained from the dairy herd improvement program of Galicia.

**Table 3.** Mean with 95% confidence interval on principles and criteria scores from 31 dairy farms in northwestern Spain.

Welfare principle <sup>a</sup>	Mean (95% confidence interval)	Welfare criteria <sup>a</sup>	Mean (95% confidence interval)
Good feeding	47.8 (39.9–55.7)	Absence of prolonged hunger	44.7 (35.6–53.7)
		Absence of prolonged thirst	72.7 (59.5–85.9)
Good housing	65.0 (60.3–69.6)	Comfort around resting	44.4 (37.0–51.8)
		Ease of movement	100 (100.0–100.0)
Good health	34.3 (30.9–37.7)	Absence of injuries	52.4 (44.0–60.8)
		Absence of diseases	52.2 (43.8–60.7)
		Absence of pain induced by management procedures	24.5 (19.1–30.0)
Appropriate behavior	11.1 (6.5–15.6)	Expression of social behaviors	1.7 (0.6–2.7)
		Expression of other behaviors	6.5 (0–15.6)
		Good human–animal relationship	38.5 (32.1– 44.9)
		Positive emotional state	23.8 (10.1–37.5)

<sup>a</sup>Welfare principles and criteria are expressed on a 0 to 100 value scale in which 0 corresponds to the worst situation, 50 to a neutral situation, and 100 to the best situation.

**Table 4.** WQ criteria and principles whose correlation coefficients (R) with farm average 305-d milk yield or farm average calving to conception interval had  $p \leq .15$ , according to data obtained in 31 free-stall dairy herds in northwestern Spain.

	Farm average 305-d milk yield		Farm average calving to confidence interval	
WQ criteria	Absence of prolonged hunger	R = 0.60; p = 0.033	Ease of movement	R = -0.37; p = 0.136
	Absence of prolonged thirst	R = 0.41; p = 0.147	Absence of injuries	R = -0.46; p = 0.078
	Comfort around resting	R = 0.49; p = 0.066	Absence of pain induced by management	R = -0.57; p = 0.039
WQ principles	Good feeding	R = 0.67; p = 0.011	Expression of social behaviors	R = -0.56; p = 0.041
			Expression of other behaviors	R = -0.33; p = 0.140
			Good health	R = -0.55; p = 0.032
			Appropriate behavior	R = -0.50; p = 0.018

**Table 5.** Results of linear regression models describing associations between Welfare Quality criteria (1)/Welfare Quality principles (2) with 305-d milk production in 31 free-stall dairy herds in northwestern Spain.

		$\beta$ coefficient	Standard error	95% confidence interval for $\beta$	p value	
(1)	Intercept	7759.96	902.63	5846.49	9673.50	<.001
	Absence of prolonged hunger <sup>a</sup>	22.33	10.01	1.82	42.83	.037
	Breeding value for milk production <sup>a</sup>	3.26	1.50	0.19	6.33	.041
(2)	Intercept	7686.70	844.06	5897.35	9476.04	<.001
	Good feeding <sup>a</sup>	26.49	11.80	2.31	50.66	.031
	Breeding value for milk production <sup>a</sup>	2.96	1.43	0.04	5.89	.048

<sup>a</sup>Welfare principles and criteria are expressed on a 0 to 100 value scale in which 0 corresponds to the worst situation, 50 to a neutral situation, and 100 to the best situation.

can be explained by these two variables. The remaining ones, without considerable contribution, were removed from the model.

The second model, at principles level, indicated that each one unit increase in the score for good feeding was associated with a 26.49 kg increase in farm average 305-d milk yield. As in the previous case, this trait increased 2.96 kg on average when farm average breeding value for milk yield increased a unit (Table 5). The R-squared showed that the percent of variance explained by the model was 40.6%.

**Table 6.** Results of linear regression models describing associations between Welfare Quality criteria (1)/Welfare Quality principles (2) with calving to conception interval in 31 free-stall dairy herds in northwestern Spain.

	$\beta$ coefficient	Standard error	95% confidence interval for $\beta$		p value
Intercept	164.85	30.42	102.62	227.08	<.001
(1) Absence of pain induced by management (score x10) <sup>a</sup>	-1.77	0.83	-3.47	-0.067	.039
Absence of injuries (score x10) <sup>a</sup>	-0.29	0.14	-0.57	-0.001	.050
Expression of social behaviors (score x10) <sup>a</sup>	-0.80	0.37	-1.56	-0.037	.042
Intercept	157.58	11.63	133.85	181.30	<.001
(2) Good health (score x10) <sup>a</sup>	-1.08	0.52	-2.15	-0.007	.047
Appropriate behavior (score x10) <sup>a</sup>	-0.53	0.21	-0.97	-0.087	.021

<sup>a</sup>Welfare principles and criteria are expressed on a 0 to 100 value scale in which 0 corresponds to the worst situation, 50 to a neutral situation, and 100 to the best situation.

In the third model, a 10 unit increase in each of the scores for the absence of pain induced by management procedures, expression of social behavior, and absence of lesions was negatively associated with farm average CCI by 1.77, 0.80, and 0.29 days, respectively (Table 6). In this case, the model explained 19.2% of the variation in the CCI.

Finally, the fourth model demonstrated that every 10 unit increase in appropriate behavior or good health was associated with a reduction in farm average CCI by 0.53 and 1.08 days, respectively (Table 6). The R-square for CCI was 26.9%.

As for the models that evaluated average farm 305-d milk yield and CCI by WQ scores, the DW statistic values were 2.15, 1.93, 1.86, and 1.89, respectively. The p-values for the KS test were not significant in any case (the observed p-values were 0.483, 0.538, 0.255, and 0.585). The mean VIF for the independent variables were 1.02, 1.00, 1.08, and 1.00.

## Discussion

In Galicia, as well as in most developed countries, the average herd size of dairy cows has increased over recent years. Mean herd size in the studied population was very similar to that observed in the general free-stall population from Galicia (67.8 vs 65 cows). Although the 31 herds included showed important deviation as regards this trait (41.3), these farms are likely a representative sample based on herd size. Total milk yield per herd (whether tie or free stall) in Galicia has also almost doubled in the last 20 years, with a total 9930 kg in 305-d milk yield in 2016 (AFRICOR, 2016), comparing to 9426.31 kg in the studied population. Mean CCI for all farms in Galicia was 151 days including tie and free stalls (AFRICOR, 2016). In the studied population, it was 160.89 days, only free stall.

The study population, according to the scores obtained after applying the WQ protocol, presented many areas for improvement. The lowest scoring principle has been appropriate behavior. Farms in Galicia have traditionally focused on aspects seen as more essential to production (such as feed bunks or cubicles) than on those that could bring about more adequate behavior (such as dimensioning and design of corridors favoring adequate traffic, or management practices promoting appropriate interactions with the animals) (Fernández & Cantalapiedra, 2016; Trillo et al., 2012).

Another area requiring attention is disease and pain management during dehorning, reflected in a low score for good health. It seems, advisable for farmers to include new health-control plans to provide for better disease prevention and, especially, anesthetic and analgesic plans for dehorning.

The main strengths were related to good housing (particularly regarding ease of movement). Ease of movement was the best rated criteria of all those considered, since the highest scored by the WQ protocol goes to the free-stall system. Housing access to clean and functional water was also well rated, with good scores for 61.3% of the farms.

To our knowledge, there are no comparable published data in Spain. A previous study, carried out in France, also pointed to good health and appropriate behavior as the main limitations for dairy cattle welfare. Good housing was also the highest rated principle (with similar scores to those

observed in the present paper for ease of movement and absence of prolonged thirst criteria) (De Boyer des Roches et al., 2014). Measures related to good health were also the lowest rated in the Netherlands (De Vries et al., 2013).

In addition, the present paper found an association between several welfare principles and criteria (as measured by the WQ protocol) and dairy farm performance (in terms of farm average 305-d milk yield and CCI). Apart from welfare principles and criteria, other factors that can affect farm average 305-d milk yield or CCI were also included in the statistical models as independent control variables. As a novelty, we have extended the statistic scope of previous papers by including breeding values for milk production and calving to conception interval as independent control variables. The breeding value makes it possible to analyze animal production or fertility independently of age, herd size, or origin and takes into account all the factors involved in production, both genetic and otherwise.

In addition, only principles and criteria with  $p \leq 0.15$  were added in the regression models. This conservative cutoff ( $p \leq 0.15$ ) ensured that potentially important principles or criteria were not prematurely discarded and reduced the number of variables to be tested. A reason for reducing the number of variables used is related to the sample size, which was 31 farms (Afifi, May, & Clark, 2011; Katz, 2006).

Several previous papers specifically address the association between different welfare topics and performance. Focusing first on the comparison between milk yield and welfare, Coignard et al. (2014) had investigated whether the welfare of the herd (also evaluated using the WQ) could relate to milk yield in cattle. They found that the occurrence of aggressive behaviors and poor emotional state was associated with a lower milk yield, although in this case what was recorded was daily milk yield, instead of lactation milk yield. The present study found no associations between on-farm behavior and milk yield.

The WQ protocol included quantitative social behavior measures, such as head butting, displacement, chasing, or lying down, adding also the qualitative behavioral assessment measure and human–animal relationship, measured by avoidance distance (Welfare Quality®, 2009). Hedlund and Løvlie (2015) compared temperament and milk yield and they found that cows showing signs of nervousness produce less milk. On the contrary, Gergovska, Miteva, Angelova, Yordanova, and Mitev (2012), indicated that the average milking yield of Holstein cows classified as nervous or very nervous is higher than the average milking yield of calm ones. Cows exhibiting more nervous reactions also would have more aggressive behavior in feeding that gives them longer and more food intake. Purcell, Arave, and Walters (1988), however, did not find a significant correlation between milk yield and cow behavior in the milking parlor, as measured by flight distance and approach distance. Therefore, previous papers showed contradictory results when trying to establish associations between milk yield and behavioral measures.

Coignard et al. (2014) also described that good health and, specifically, the absence of injuries and the absence of disease criteria were negatively associated with milk yield. Lameness, mastitis, metritis, difficult calving, retained placenta or postpartum metabolic diseases had been related to reduced milk yield (Hand, Godkin, & Kelton, 2012; Hogeveen, Huijps, & Lam, 2011; Raboisson, Mounié, & Maigné, 2014; Sundrum, 2015; Walsh, Williams, & Evans, 2011). All these conditions are considered in calculating the scores for both the absence of injuries and the absence of diseases. However, this association was neither found in the present study, which may be partly due to the fact that farms with the highest milk yield tend to coincide with those of larger size and better facilities, management, and feeding practices, which tend to make up for the consequences that high yield could have on cattle health (AFRICOR, 2016).

The performed multivariable models indicated that production (as measured by farm average 305-d milk yield) was related to the absence of prolonged hunger criterion. The WQ protocol evaluates “hunger” through the body condition score (BCS) of the cows in a herd (% of very lean cows); BCS reflects feeding management and its adequate evolution over the different periods of lactation is closely related to milk yield, as reflected in numerous papers (Buckley, O’sullivan, Mee, Evans, & Dillon, 2003; Dechow, Rogers, & Clay, 2001; Heuer, Schukken, & Dobbelaar, 1999). De Vries et al. (2011) reviewed several studies and found that the association between BCS and milk



- Andreasen, S. N., Wemelsfelder, F., Sandøe, P., & Forkman, B. (2013). The correlation of qualitative behavior assessments with welfare quality\* protocol outcomes in on-farm welfare assessment of dairy cattle. *Applied Animal Behaviour Science*, 143, 9–17.
- Asociación Provincial para el Control de Rendimientos (c). (2016, February 14). *Memoria 2015*. Lugo, Spain: AFRICOR Lugo. Retrieved from <http://africorlugo.com/memorias.asp>
- Bicalho, R. C., Vokey, F., Erb, H. N., & Guard, C. L. (2007). Visual locomotion scoring in the first seventy days in milk: Impact on pregnancy and survival. *Journal of Dairy Science*, 90, 4586–4591.
- Bova, T. L., Chiavaccini, L., Cline, G. F., Hart, C. G., Matheny, K., Muth, A. M., ... Memili, E. (2014). Environmental stressors influencing hormones and systems physiology in cattle. *Reproductive Biology and Endocrinology: RBE*, 12, 58.
- Breuer, K., Hemsworth, P. H., & Coleman, G. J. (2003). The effect of positive or negative handling on the behavioural and physiological responses of nonlactating heifers. *Applied Animal Behaviour Science*, 84, 3–22.
- Bristow, D. J., & Holmes, D. S. (2007). Cortisol levels and anxiety-related behaviors in cattle. *Physiology and Behavior*, 90, 626–628.
- Buckley, F., O'Sullivan, K., Mee, J. F., Evans, R. D., & Dillon, P. (2003). Relationships among milk production, body condition, cow weight, and reproduction in spring-calved Holstein-Friesians. *Journal of Dairy Science*, 86, 2308–2319.
- Chapinal, N., von Keyserlingk, M. A. G., Cerri, R. L. A., Ito, K., LeBlanc, S. J., & Weary, D. M. (2013). Short communication: Herd-level reproductive performance and its relationship with lameness and leg injuries in free stall dairy herds in the north-eastern United States. *Journal of Dairy Science*, 96, 7066–7072.
- Coignard, M., Guatteo, R., Veissier, I., LeHébel, A., Hoogveld, C., Mounier, L., & Bareille, N. (2014). Does milk production reflect the level of welfare in dairy herds? *Veterinary Journal*, 199, 184–187.
- De Boyer des Roches, A., Vessier, I., Coignard, M., Bareille, N., Guatteo, R., Capdeville, J., ... Mounier, L. (2014). The major welfare problems of dairy cows in French commercial farms: An epidemiological approach. *Animal Welfare*, 23, 467–478.
- de Graaf, S., Ampe, B., Winckler, C., Radeski, M., Mounier, L., Kirchner, M. K., ... Bijttebier, J. (2017). Trained-user opinion about Welfare Quality measures and integrated scoring of dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science*, 100, 6376–6388.
- De Vries, M., Bokkers, E. A. M., Dijkstra, T., van Schaik, G., & de Boer, I. J. M. (2011). Invited review: Associations between variables of routine herd data and dairy cattle welfare indicators. *Journal of Dairy Science*, 94, 3213–3228.
- De Vries, M., Engel, B., den Uijl, I., van Schaik, G., Dijkstra, T., de Boer, I. J. M., & Bokkers, E. A. M. (2013). Assessment time of the Welfare Quality\* protocol for dairy cattle. *Animal Welfare*, 22, 85–93.
- Dechow, C. D., Rogers, G. W., & Clay, J. S. (2001). Heritabilities and correlations among body condition scores, production traits, and reproductive performance. *Journal of Dairy Science*, 84, 266–275.
- Doménech, J. M. (2004). *Análisis multivariante. Modelos de regresión. UD6. Construcción de un modelo de regresión múltiple para evaluar un efecto en presencia de interacción y confusión*. Signo, Barcelona.
- Elkins, D. A., & Rorie, R. W. (2005). Influence of Social Hierarchy on the expression of Estrus and subsequent fertility of Dairy Heifers. *Arkansas Animal Science Department Report*, 535, 67.
- Fernández, M. L., & Cantalapiedra, J. (2016). *Benestar Animal e Instalacións. Gando Vacún Leiteiro*. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia, Consellería do Medio Rural.
- Gergovska, Z., Miteva, T., Angelova, T., Yordanova, D., & Mitev, J. (2012). Relation of milking temperament and milk yield in holstein and brown swiss cows. *Bulgarian Journal Of Agricultural Science*, 17, 837–845.
- Grant, R. J., & Albright, J. L. (2001). Effect of animal grouping on feeding behavior and intake of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 84, E156–E163.
- Hand, K. J., Godkin, A., & Kelton, D. F. (2012). Milk production and somatic cell counts: A cow-level analysis. *Journal of Dairy Science*, 95, 1358–1362.
- Hedlund, L., & Løvlie, H. (2015). Personality and production: Nervous cows produce less milk. *Journal of Dairy Science*, 98, 5819–5828.
- Henderson, C. R. (1975). Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. *Biometrics*, 31, 423–447.
- Heuer, C., Schukken, Y. H., & Dobbelaar, P. (1999). Postpartum body condition score and results from the first test day milk as predictors of disease, fertility, production, and culling in commercial dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 82, 295–304.
- Hogeveen, H., Huijps, K., & Lam, T. (2011). Economic aspects of mastitis: New developments. *New Zealand Veterinary Journal*, 59, 16–23.
- Ingrand, S. (2000). Feeding behaviour, intake and performance in beef cattle managed in groups. *Productions Animales*, 13, 151–163.
- International Farm Comparison Network (IFCN). (2018, April 11). *IFCN methods*. Retrieved from <https://ifcndairy.org/about-ifcn-neu/ifcn-dairy-researchcenter-method/>
- Katz, M. H. (2006). *Multivariate analysis: Practical guide for clinicians*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Knierim, U., & 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.

- MAPAMA. (2018) *Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente*. Dirección general de producciones y mercados agrarios subdirección general de productos ganaderos. Informe de coyuntura del sector vacuno de leche Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado. Retrieved from <http://publicacionesoficiales.boe.es/>
- Möstl, E., & Palme, R. (2002). Hormones as indicators of stress. *Domestic Animal Endocrinology*, 23, 67–74.
- Nyman, A. K., Lindberg, A., & Sandgren, C. H. (2011). Can pre-collected register data be used to identify dairy herds with good cattle welfare? *Acta Veterinaria Scandinavica*, 53, S8.
- Purcell, D., Arave, C. W., & Walters, J. L. (1988). Relationship of three measures of behavior to milk production. *Applied Animal Behaviour Science*, 21, 307–313.
- Raboisson, D., Mounié, M., & Maigné, E. (2014). Diseases, reproductive performance, and changes in milk production associated with subclinical ketosis in dairy cows: A meta-analysis and review. *Journal of Dairy Science*, 97, 7547–7563.
- Sundrum, A. (2015). Metabolic disorders in the transition period indicate that the dairy cows' ability to adapt is overstressed. *Animals (Basel)*, 5, 978–1020.
- Thun, R., Kaufmann, C., & Janett, F. (1998). The influence of restraint stress on reproductive hormones in the cow. *Reproduction in Domestic Animals*, 33, 255–260.
- Trillo, Y., Quintela, L. A., Barrio, M., Becerra, J., Peña, A., Cainzos, J., ... Herradón, P. (2012). *Assessment of the welfare level in the resting area on dairy farm in the northwest of Spain*. XVII World Buiatrics Congress, Lisboa, Portugal.
- Walker, S. L., Smith, R. F., Routly, J. E., Jones, D. N., Morris, M. J., & Dobson, H. (2008). Lameness, activity time-budgets, and estrus expression in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 91, 4552–4559.
- Walsh, S. W., Williams, E. J., & Evans, A. C. O. (2011). A review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows. *Animal Reproduction Science*, 123, 127–138.
- Welfare Quality®. (2009). *Welfare Quality scoring system®. Dairy cows – On farm*. Lelystad, The Netherlands: Welfare Quality Consortium. Retrieved from <http://www1.clermont.inra.fr/wq/index.php?id=simulandnew=1>
- Xunta de Galicia. (2017, January 30). *Explotación de rexistro do gando bovino*. Santiago de Compostela, Spain: Consellería do Medio Rural. Retrieved from [http://mediorural.xunta.gal/institucional/estadisticas/medio\\_rural/gando\\_bovino/explotacion\\_do\\_gando\\_bovino/](http://mediorural.xunta.gal/institucional/estadisticas/medio_rural/gando_bovino/explotacion_do_gando_bovino/)

**Capítulo 3. Robot milking and effect on mortality rates in dairy cows from the Galicia region (NW Spain)**



## Robot milking and relationship with culling rate in dairy cows

A. Bugueiro<sup>1</sup>, R. Fouz<sup>2</sup>, F. Camino<sup>3</sup>, E. Yus<sup>4</sup> and F. J. Diéguez<sup>1†</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Anatomía, Producción Animal y Ciencias Clínicas Veterinarias, Facultad de Veterinaria, Universidad de Santiago de Compostela, Campus Universitario s/n, 27002 Lugo, España; <sup>2</sup>Africor Lugo, Av. de Fingoi 117 bajo, 27002 Lugo, España; <sup>3</sup>IES Batalla de Clavijo, Calle Gral. Urrutía 4, 26005 Logroño, La Rioja, España; <sup>4</sup>Instituto de Investigación y Análisis Alimentarios, Facultad de Veterinaria, Universidad de Santiago de Compostela, Campus Universitario s/n, 27002 Lugo, España

(Received 1 April 2018; Accepted 2 October 2018; First published online 29 October 2018)

*Cow routines and behavioral responses are altered substantially following the installation of robot milking. The present study was designed to analyze the effect that switching from milking parlor to automatic milking system (AMS) had on the culling rate (due to various causes) of dairy cattle. For this purpose, culling records and causes for culling were tracked in 23 dairy farms in the Galicia region (NW Spain). The animals in these farms were monitored for 5 years. For the present study, that length of time was divided into three different stages, as follows: 2 years before switching from a milking parlor to AMS (stage 1), the 1<sup>st</sup> year following the implementation of AMS (stage 2) and the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> years succeeding the implementation of AMS (stage 3). Cox models for survival analysis were used to estimate the time to culling due to different reasons during stage 1 in relation to stages 2 and 3. The data indicated that the risk of loss due to death or emergency slaughter decreased significantly following the installation of AMS. In contrast, the risk of culling due to low production, udder problems, infertility or lameness increased significantly. Low-production cows (such as cows in advanced lactation due to infertility) or sick cows (such as mastitic or lame cows) allegedly have a noticeable effect both on the performance and the amortization of the cost of AMS, which in turn would lead to a higher probability of elimination than in conventional systems.*

**Keywords:** automatic milking systems, causes for loss, dairies, survival analysis, Cox regression

### Implications

The number of milking robots in dairy cattle farms has increased over the last few years. The introduction of an automatic milking system (AMS) implies important changes in farms routine and management. It also changes culling dynamics (both modifying causes for culling and increasing the percentage of animals culled), at least during the 1<sup>st</sup> years after installation. The modification of culling dynamics will have a great impact on dairies. Reduced longevity for cows increases the replacement cost of stock and avoid animals to achieve the highest lifetime production. Cow longevity is also important to reduce the environmental impact of milk production. In addition, this trait is an indirect indicator of animal welfare.

undertaken in conventional milking by a mix of manual and machine systems (Koning and Rodenburg, 2004). The first commercial unit was installed in the Netherlands in 1992. In 2017, over 35 000 robotic milking systems units were operational on dairy farms around the world (Extensión, 2017).

Automatic milking system allows cows to decide their own milking time and interval, which implies that the farmer's presence at regular milking times is no longer required. However, milking frequency is dependent on many factors, including the social structure of the herd, the farm layout design, the type of traffic imposed on cows, the type of flooring, the health status of the cows (especially hoof and udder health), the stage of lactation, the parity, and the type of ration fed at the feed bunk and the amount of concentrate offered in AMS (Bach and Cabrera, 2017).

Automatic milking system entails changes in many aspects related to farm management and nutrition. Presumably, feeding at AMS is the primary motivation that attracts cows to the milking units and, therefore, a proper balance between feeding at the robot and feeding at the feed bunk is

### Introduction

The term AMS refers to a system that automates all the functions of the milking process and cow management

<sup>†</sup> E-mail: franciscojavier.dieguez@usc.es

important in order to ensure nutritional requirements and milk production. Thereby, following the introduction of AMS in the market in the 1990s, research has been conducted examining AMS systems *v.* conventional parlors, focusing primarily on cow health, milk quality, reproductive performance or aspects such as the economic and social factors related to AMS adoption (Jacobs and Siegford, 2012).

One of the most frequently evaluated aspects was the influence of AMS on body condition scores (BCS). In general, the introduction of AMS did not have any significant effects on BCS, nor did it affect the levels of energy-related metabolites such as  $\beta$ -hydroxybutyrate acid (BHBA) or non-esterified fatty acids (Dearing *et al.*, 2004; Hillerton *et al.*, 2004; Abeni *et al.*, 2005). However, a short-term increase in BCS following the installation of AMS was observed in some farms, after which no long-term changes succeeded (Dearing *et al.*, 2004).

In regard to udder health, Hovinen and Pyörälä (2011) reviewed several studies comparing automatic and conventional milking. Most of them concluded that udder health deteriorated after the introduction of AMS. More frequent milking in AMS often means higher milk production, putting the energy balance in jeopardy, which in turn might have negative effects on fertility (Kruip *et al.*, 2000). Overall, there is little evidence of major changes in terms of fertility subsequent to the implementation of AMS, although some signs of deterioration in fertility were occasionally observed, which could potentially escalate into a more serious problem in the long term (Dearing *et al.*, 2004).

Despite the hypothetical influence that AMS might have on issues such as udder health or fertility, some previous studies assessing risk factors related to culling rate in dairy cattle indicated that this rate seems to be lower in herds with AMS compared to traditional milking systems (Burow *et al.*, 2011; Alvåsen *et al.*, 2012). In any case, no previous studies were designed to concretely assess the culling rate due to different causes prior or posterior to the installation of AMS.

Thereby, the aim of the present study was to analyze the effect of switching from a milking parlor to automatic milking on culling rates (due to different causes) of dairy cattle.

## Material and methods

### Studied area

The study was carried out in Galicia. Galicia is the major cattle-farming region of Spain; it is responsible for 37.2% of the milk produced in the country, constituting ~ 1.9% of the milk produced in the European Union (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), 2016). The average number of dairy cattle farms in Galicia during the course of the study was 8425, although a steadily declining trend in number could be observed (Xunta de Galicia, 2018). In Galicia, 35% of the herds are enrolled in the Dairy Herd Improvement Program (DHIP), which represents 72% of the milk produced in this region (Asociación

Provincial para el Control de Rendimientos (AFRICOR), 2017).

### Herds surveyed

The data used in the study were obtained from 23 dairy farms, all of which were Holstein breed and enrolled in the DHIP at the time of the study. In every case AMS had been installed between February 2009 and October 2014. In order to be part of the convenience sample, the farms must have installed AMS before November 2014, considering the requirement of at least a 3-year interval between the installation of AMS and the beginning of the retrospective data collection in November 2017. In addition, only those farms whose facilities did not undergo substantial changes, other than the substitution of the milking system, were considered for the study. The mean herd size of the surveyed farms (when they entered the study) was 71 lactating cows.

Culling records from these 23 farms were provided by the monthly visits by the DHIP, during which the supervising technician inquired about the reason for animal losses since the previous visit. The reasons for losses were then coded according to the Royal Decree 368/2005 (Boletín Oficial del Estado, 2005), which regulates the program according to some specific rules:

1. Death/emergency slaughter: animals are discarded when they are found prostrate or dead on the farm/animals sent to emergency slaughter (in cases such as metabolic disorders, accident, toxemia, peritonitis, pericarditis or systemic infection).
2. Lack of productivity: animals are discarded because of low production.
3. Udder problems: animals are discarded mainly because of mastitis, loss of one or more single quarters or sagging udder).
4. Infertility: animals are discarded because of reproductive problems (such as infertility, sterility, abortions, metritis and mummified fetuses).
5. Loss in official disease eradication programs (zoonoses).
6. Others: animals are discarded either for some reasons which are not included in the classification above or for multiple causes.
7. Lameness: animals are discarded because of musculoskeletal problems (such as lameness, hoof infection).

In the event of on-farm euthanasia, it would be classified according to the specific causes.

In addition, when a cow was dried off, total milk traits per lactation were recorded and normalized to 305 days using the Fleischmann's method (International Committee for Animal Recording, 2014).

Data of the animals from these 23 farms were collected over a 5-year time span, which was divided into three different stages: 2 years before switching from milking parlor to AMS (stage 1), the 1<sup>st</sup> year after the installation of AMS (stage 2) and the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> years after the implementation of AMS (stage 3).

Bugueiro, Fouz, Camino, Yus and Diéguez

Finally, the study involved 3496 animals that calved at least once on these farms during the length of the study.

#### Statistical analysis

All data were processed in STATA (STATA11.1, Stata Corp LP, College Station, TX, USA). Analysis of variance tests were used to compare mean 305-day milk yield in different stages and Bonferroni tests were applied as *posthoc* test for multiple comparisons. For this purpose only those lactations in which at least 80% of its duration occurred in a single stage were used.

After that, the Cox model for survival analysis was used to estimate the time to culling during stage 1 with respect to stages 2 and 3. Seven models were fitted: one of them took into consideration all cullings overall, and another one for each of the reasons for culling mentioned before, with the exception of losses due to official disease eradication programs, as their low frequency and the fact that they took place in a single farm and in a short period of time made them irrelevant.

Animals entered the study 2 years before their farm of origin switched from milking parlor to AMS (which is the moment that marks the beginning of the 5-year follow-up period) or at their first calving (when a cow had its first calving during the 5-year time span). Therefore, for each animal, time to culling was calculated either as the number of days from 2 years before the change of the milking system until the time of culling or, between the first calving and the time of culling. That lapse of time was divided into separate records for each lactation and also for each stage. Thereby time-at-risk in each parity begins on the recorded calving date and ends with the censoring on the subsequent calving date. Likewise, each time a farm entered any of the three established stages, the records for each cow on that farm were censored and a new record was created for each animal (Smith *et al.*, 2010). Therefore, each time a cow calved, or whenever its farm of origin entered a new stage (with respect to the installation of AMS), the previous record was censored and a new one was created (Figure 1). Eventually, 10 996 records in total were obtained from the 3496 cows involved in the study.

The lactation number and the days in milk (DIM) were also included as independent variables in the models. Three categories were established according to lactation number: (1) 1<sup>st</sup> parity cows, (2) 2<sup>nd</sup> parity and (3) 3<sup>rd</sup> or higher. According to DIM four categories were established: (1) early lactation, from 0 to 80 DIM, (2) mid lactation, from 81 to 200 DIM, (3) late lactation, >200 DIM and (4) dry cow.

A term for interaction between stage and parity was also incorporated (this variable had the value 1 when the cow was in stages 2 or 3 and it was in its 3<sup>rd</sup> or higher lactation; and 0 in any other case). In addition, year of installation of AMS was included as strata variable in the models. Robust standard errors were calculated using the robust variance estimator method to control within-herd cluster effects. To assess the adequacy of the survival models the Cox–Snell residual method was used (Lee and Wang, 2003).

## Results

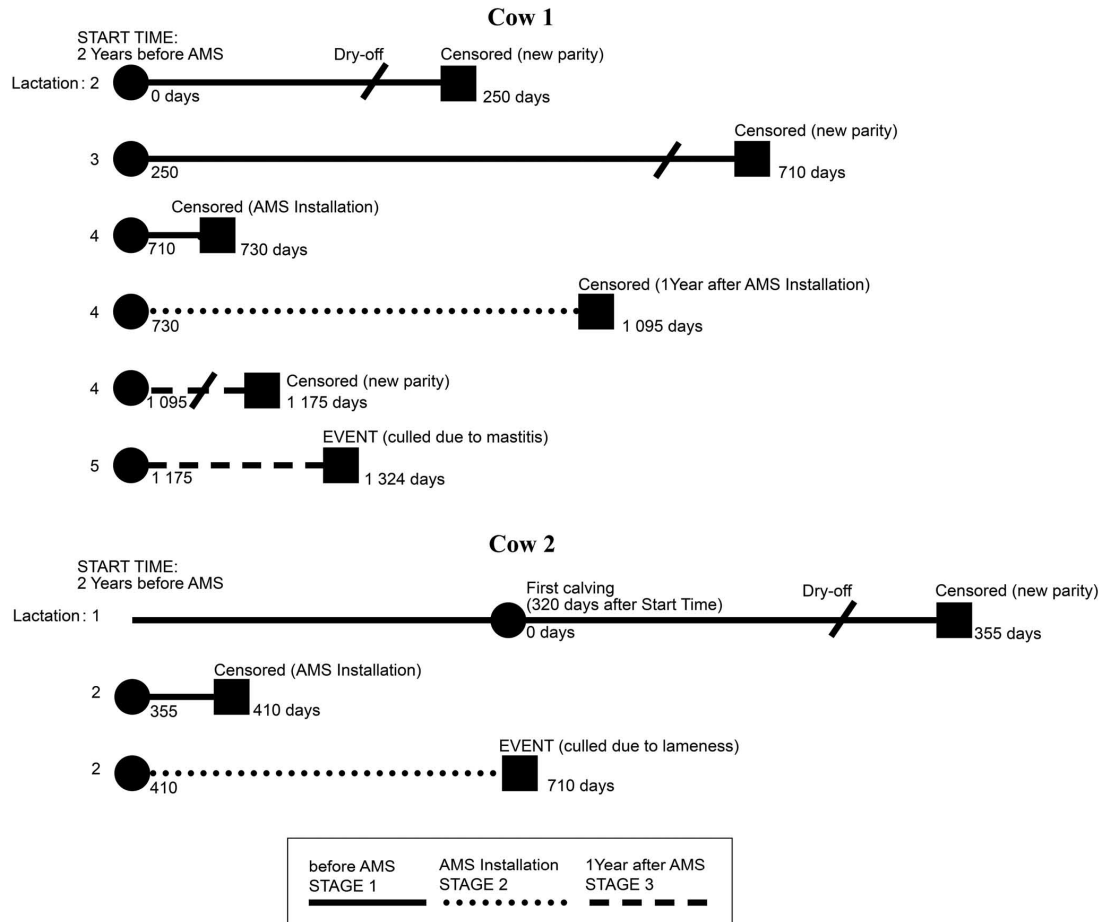
Data indicated that 305-day milk yield is significantly higher in stages 2 and 3 when comparing with stage 1 (Table 1). In total, 688 (33.5%) out of 2052 cullings that took place within the studied herds during the 5-year period were due to death/emergency slaughter, 456 (22.2%) to infertility, 320 (15.6%) to udder problems, 229 (11.2%) to other causes, 202 (9.8%) to lameness, 151 (7.4%) due to low production and 6 to disease eradication programs (0.3%). The average percentages of cows culled per year were 25.1, 29.7 and 28.2%, during stages 1, 2 and 3, respectively.

Cox regression models indicated that the overall risk of culling was 1.34 ( $P=0.037$ ) and 1.32 ( $P<0.001$ ) times higher in stages 2 and 3, respectively, than in stage 1, after controlling for parity, DIM, installation date of AMS and herd cluster effects. However, the risk of death/emergency slaughter was significantly lower in stages 2 and 3 in comparison with stage 1 (Table 2). On the contrary, cows were significantly more likely to be culled due to low production, udder problems, infertility and lameness in stages 2 and 3, compared to stage 1 (Table 2). With respect to other causes of loss, no significant differences among stages were observed (Table 2). There was also a trend for increasing culling rate as the parity number increased except for the model which explained low production (Table 2). Losses due to death/emergency slaughter were more frequent in early lactation, whereas the risk of loss due to the remaining causes was higher as lactation progressed, with the dry period being the moment of highest risk (except for losses due to low production where no differences were observed when comparing late lactation *v.* dry cows) (Table 2). The interaction term was not significant in any of the models analyzed. The lines generated from the Cox–Snell residuals *v.* cumulative hazard estimates did not show large divergences from the reference line (zero intercept and unit slope) (Table 3).

## Discussion

In the study population the number of milking robots, as in most regions with dairy cattle, has increased over the last few years. In October 2014 (deadline for inclusion in the study), 1.4% of the farms involved in the DHIP in Galicia have AMS. Nowadays, the percentage is 3.6% (AFRICOR, 2017). In some cases the farms that change the milking system also undergo significant remodeling of the farm facilities, but most of them were free stall barns in which the replacement of conventional milking parlor by AMS was the only alteration. The study was focused on the latter group in order to exclude the influence of other factors on culling as much as possible.

The herds involved in the study were not a particularly representative sample of the standard herd in Galicia, where the mean herd size is 42 cows (compared to 71 cows in the studied group) (MAGRAMA, 2016).



Cow	Stage	Parity	Time (days)	Culling event
1	1	2	250 (from 0 to 250)	0
1	1	3	460 (from 250 to 710)	0
1	1	4	20 (from 710 to 730)	0
1	2	4	365 (from 730 to 1 095)	0
1	3	4	80 (from 1 095 to 1 175)	0
1	3	5	149 (from 1 175 to 1 324)	1
2	1	1	355 (from 0 to 355)	0
2	1	2	55 (from 355 to 410)	0
2	2	2	300 (from 410 to 710)	1

**Figure 1** Data set for the model of time to culling of two hypothetical animals. The follow-up in each farm begins 2 years before installation of an automatic milking system (AMS). The start of a new record (new lactation or new stage) is represented by solid circles. The end of the record is represented by squares, with the time below them. The table at the bottom shows the data as used in the study.



In terms of annual culling rates, the studied group (before the installation of AMS) showed similar figures to other farms in the area of Galicia, namely 26% for cows that have calved at least once (AFRICOR, 2017).

Since causes for loss were recorded monthly (each time the DHIP technician inquired about the reason for animal losses), recall bias could allegedly affect the accuracy of the information collected. However, this bias is expected to be

Bugueiro, Fouz, Camino, Yus and Diéguez

unimportant considering that, due to the size of the farms and annual culling rates, on average, approximately two losses per month and farm could be expected.

In addition, year of installation of AMS was considered in the models, in order to minimize the impact of other factors that could affect the percentage of losses from year to year (such as differences in milk pricing).

Data indicated that the culling rate increased after the installation of AMS, a situation that persisted at least during the study coverage period. This finding was confirmed by the analysis of data from all the herds that take part in DHIP in Galicia, which indicated that the replacement rate was higher in farms with AMS: the proportion of 1<sup>st</sup> parity cows in farms with conventional milking systems was 32.6%, while in farms with AMS it increased to 35.1% (AFRICOR, 2017). A previous study based upon the producer's perception after installing AMS indicated, however, that most of the producers did not report any variations in culling rates (Tse *et al.*, 2017). In the present study, in spite of the significant reduction in terms of culling due to death/emergency slaughter, a greater risk of loss caused by the combination of all the other causes of culling led to an overall rise in terms of culling rate.

In the case of death/emergency slaughter, such events are more frequent during early lactation and they are partly related to *postpartum* diseases such as abomasal displacement, acidosis or ketosis and others such as accidents or traumatism (Pinedo *et al.*, 2010, Fouz *et al.*, 2014, Sarjokari

*et al.*, 2018). Alterations in schedule for the distribution of concentrate in automatic systems (normally several times a day) and in quantity (which becomes more adjusted to the production level of each cow) could contribute to a reduction of the risk of *postpartum* metabolic diseases. Automatic milking system could also imply a better control of the transition period; a common management practice is to allow the dry cows to walk through the robot so as to be gradually fed concentrate during the days leading up to calving, which would allow a better adaptation of the ruminal flora. A previous study, carried out in Galicia, indicated that cows from AMS had, on average, significantly lower *postpartum* BHBA concentrations than those from conventional milking parlors (AFRICOR, 2017), which could support this hypothesis.

For some farmers, the introduction of AMS brought about the daily monitoring of cows' production levels, which meant a step forward from the previous conventional system, when such close monitoring was not possible in many cases. In addition, underproductive cows are still less profitable in AMS than in other systems, since the performance of the robot is given (among other traits) by the ratio milk flow/unit of time (Hogeveen *et al.*, 2001; Castro *et al.*, 2012). This

**Table 1** Adjusted 305-day milk yield recorded in dairy cattle 2 years before switching from milking parlor to automatic milking systems (stage 1), year 1 after the change (stage 2) and years 2 and 3 after the change (stage 3)

	Stage	Mean	95% confidence interval	
Milk yield	1	10 035 <sup>a</sup>	9962	10 108
	2	10 320 <sup>b</sup>	10 232	10 408
	3	10 315 <sup>b</sup>	10 230	10 399

<sup>a,b</sup>Values within a row with different superscripts differ significantly at  $P < 0.05$ .

**Table 3** Intercept and slope of the trend lines generated from the scatterplot of Cox-Snell residuals v. cumulative hazard estimates obtained to assess the survival models for the effect of switching from milking parlor to automatic milking systems on time to culling due to various reasons in dairy cattle (estimates should be close to 45° line – unit slope and zero intercept – if the fitted survival model was adequate)

	Intercept	Slope
Death/emergency slaughter	<0.001	0.94
Low production	0.002	1.12
Udder problems	0.001	1.10
Infertility	<0.001	1.03
Other causes	0.004	1.20
Lameness	0.002	0.91

**Table 2** Results of six Cox survival models for the effect of switching from milking parlor to automatic milking systems (AMS) on time to culling due to various reasons in dairy cattle

	Death/emergency slaughter		Low production		Udder problems		Infertility		Other causes		Lameness	
	HR (SE) <sup>1</sup>	P	HR (SE)	P	HR (SE)	P	HR (SE)	P	HR (SE)	P	HR (SE)	P
Stage (stage 1 is the base) <sup>2</sup>												
2	0.71 (0.148)	0.050	2.15 (0.664)	0.013	2.55 (0.854)	0.005	2.39 (0.350)	<0.001	1.41 (0.560)	0.287	1.68 (0.433)	0.050
3	0.81 (0.098)	0.045	1.64 (0.323)	0.011	1.76 (0.250)	<0.001	1.88 (0.194)	<0.001	1.11 (0.237)	0.239	1.76 (0.330)	0.002
Parity (1 <sup>st</sup> is the base)												
2	1.62 (0.120)	0.001	0.83 (0.357)	0.559	2.19 (0.292)	<0.001	1.96 (0.245)	<0.001	2.39 (0.367)	0.001	3.33 (0.394)	<0.001
≥3	1.83 (0.106)	<0.001	1.26 (0.301)	0.345	2.70 (0.272)	<0.001	2.95 (0.231)	<0.001	5.13 (0.335)	<0.001	5.74 (0.367)	<0.001
Stage of lactation (dry is the base) <sup>3</sup>												
Early	3.97 (0.139)	<0.001	0.34 (0.159)	<0.001	0.14 (0.156)	<0.001	0.20 (0.146)	<0.001	0.20 (0.152)	<0.001	0.18 (0.123)	<0.001
Mid	2.74 (0.117)	<0.001	0.47 (0.155)	<0.001	0.21 (0.135)	<0.001	0.20 (0.134)	<0.001	0.41 (0.123)	<0.001	0.65 (0.135)	<0.001
Late	2.55 (0.103)	<0.001	1.09 (0.137)	0.205	0.57 (0.125)	<0.001	0.50 (0.127)	<0.001	0.57 (0.107)	<0.001	0.77 (0.157)	0.047

<sup>1</sup>HR (SE) = Hazard ratio (robust standard error).

<sup>2</sup>Stage 1: 2 years before switching from a milking parlor to AMS; stage 2: the 1<sup>st</sup> year after the change; stage 3: the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> years after the change.

<sup>3</sup>Early lactation: from 0 to 80 days in milk (DIM); mid lactation: from 81 to 200 DIM; late lactation: >200 DIM.

could be related to the higher risk of culling due to low production.

Ineffective mastitis detection, dirty udders and incomplete teat cleaning are among the highest risk factors for poor udder health in AMS (Hovinen and Pyörälä; 2011; Jacobs and Siegford, 2012). A previous study, carried out also in Galicia, indicated suboptimal cleaning and disinfection of teat dipping cups, brushes and milk liners in dairy farms with AMS (Castro *et al.*, 2015).

A reason for the higher risk of culling due to infertility in AMS may be that, despite having more time available for watching the cows, AMS producers may not actually be in the proximity of cows as often, as would be desirable, to detect changes (as cows in estrous) (Kruip *et al.*, 2000; Dearing *et al.*, 2004; Tse *et al.*, 2017)

In general, AMS is not flexible in terms of the number of milking cows in the herd, which makes the farmer choose the more profitable cows in AMS. This implies that less profitable cows (such as cows with fertility problems and many DIM or cows with udder problems) would be more likely to be culled. Some of these animals could have stayed longer had they been in conventional systems, which are more flexible in that sense.

The present study also reports an increased culling due to lameness in AMS. Hillerton *et al.* (2004) indicated that no significant changes in the lameness score occurred after AMS installation. However, although the prevalence of lameness remains stable, lame cows are more reluctant to visit the milking unit. In this case reductions in milk yield and possibly increased mastitis could be expected, as well as an increase in labor as the animals have to be brought into the milking unit by hand (Borderas *et al.*, 2008). In this sense, lame cows could extend their stay in herds with conventional milking systems.

In the studied population an increase in culling rates was found after the installation of AMS. This reflects the increased culling due to low production, udder problems, infertility and lameness, whereas losses due to death or emergency slaughter diminished. The work routine in farms with AMS does not facilitate individual management of animals. Low-production cows (e.g. because they have calved time ago) or sick cows (such as mastitic or lame cows) would affect the performance and, therefore the amortization of the cost of AMS, which would lead to a more probable removal than in conventional systems (which is more flexible with respect to the number of milking animals on the farm). The subsequent replacement of those animals would result in a greater overall efficiency.

Further studies based upon data obtained beyond the three year period after installing AMS could determine if culling rates return to previous levels or if they become even more favorable.

#### Acknowledgements

The authors thank AFRICOR Lugo for their invaluable help during the study.

#### Declaration of interest

The authors declare they have no competing interest.

#### Ethics statement

None.

#### Software and data repository resources

Data or models were not deposited in any official repository.

#### References

- Abeni F, Calamari L, Calza F, Speroni M, Berton G and Pirlo G 2005. Welfare assessment based on metabolic and endocrine aspects in primiparous cows milked in a parlor or with an automatic milking system. *Journal of Dairy Science* 88, 3542–3552.
- Alvåsen K, Mörk MJ, Sandgren CH, Thomsen PT and Emanuelson U 2012. Herd-level risk factors associated with cow mortality in Swedish dairy herds. *Journal of Dairy Science* 95, 4352–4362.
- Asociación Provincial para el Control de Rendimientos (AFRICOR) 2017. Memoria 2016. Retrieved on 11 October 2017 from <http://africorlugo.com/memorias.asp>.
- Bach A and Cabrera V 2017. Robotic milking: feeding strategies and economic returns. *Journal of Dairy Science* 100, 7720–7728.
- Boletín Oficial del Estado 2005. Real Decreto 368/2005 por el que se regula el control oficial del rendimiento lechero para la evaluación genética en las especies bovina, ovina y caprina. Retrieved on 30 September 2017 from [http://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2005-6564](http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2005-6564).
- Borderas TF, Fournier A, Rushen J and de Passille AMB 2008. Effect of lameness on dairy cows' visits to automatic milking systems. *Canadian Journal of Animal Science* 88, 1–8.
- Burow E, Thomsen PT, Sørensen JT and Rousing T 2011. The effect of grazing on cow mortality in Danish dairy herds. *Preventive Veterinary Medicine* 100, 237–241.
- Castro A, Pereira JM, Amiama C and Bueno J 2012. Estimating efficiency in automatic milking systems. *Journal of Dairy Science* 95, 929–936.
- Castro A, Pereira JM, Amiama C and Bueno J 2015. Mastitis diagnosis in ten Galician dairy herds (NW Spain) with automatic milking systems. *Spanish Journal of Agricultural Research* 13, e0504.
- Dearing J, Hillerton JE, Poelarends JJ, Neijenhuis F, Sampimon OC and Fossing C 2004. Effects of automatic milking on body condition score and fertility of dairy cows. In *Automatic milking: a better understanding* (ed. A Meijering, H Hogeveen and CJAM de Koning), pp 135–140. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands.
- Extension 2017. Dairy robotic milking systems – what are the economics? Retrieved on 3 November 2017 from <http://articles.extension.org/pages/73995/dairy-robotic-milking-systems-what-are-the-economics>.
- Fouz R, Yus E, Sanjuán ML and Diéguez FJ 2014. Causas de eliminación en rebaños bovinos lecheros de raza frisona en Control Lechero Oficial. *Información Técnica Económica Agraria* 110, 171–186.
- Hillerton JE, Dearing J, Dale J, Poelarends JJ, Neijenhuis F, Sampimon OC and Fossing C 2004. Impact of automatic milking on animal health. In *Automatic milking: a better understanding* (ed. A Meijering, H Hogeveen and CJAM de Koning), pp 125–134. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands.
- Hogeveen H, Ouweltjes WCJ, de Koning CJAM and Stelwagen K 2001. Milking interval, milk production and milk flow-rate in an automatic milking system. *Livestock Science* 72, 157–167.
- Hovinen M. and Pyörälä S. 2011. Invited review: udder health of dairy cows in automatic milking. *Journal of Dairy Science* 94, 547–562.
- International Committee for Animal Recording 2014. ICAR rules, standards and guidelines for recording milk and milk constituents. In *International agreement of recording practices* (ed. ICAR), pp 25–57. International Committee for Animal Recording General Assembly, Berlin, Germany.
- Jacobs JA and Siegford JM 2012. Invited review: The impact of automatic milking systems on dairy cow management, behavior, health, and welfare. *Journal of Dairy Science* 95, 2227–2247.
- Koning K and Rodenburg J 2004. Automatic milking: state of the art in Europe and North America. In *Automatic milking: a better understanding* (ed. A

## Bugueiro, Fouz, Camino, Yus and Diéguez

Meijering, H Hogeveen and CJAM de Koning), pp 27–40. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands.

Kruip TAM, Stefanowska J and Ouweltjes W 2000. Robot milking and effect on reproduction in dairy cows: a preliminary study. *Animal Reproduction Science* 60, 443–447.

Lee ET and Wang JW 2003. *Statistical methods for survival data analysis*, 3rd edition. John Wiley & Sons Inc, Hoboken, NJ, USA.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) 2016. Encuestas de efectivos de ganado bovino. Retrieved on 16 November 2017 from [http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/informe-bovino2016\\_tcm7-476459.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/informe-bovino2016_tcm7-476459.pdf).

Pinedo PJ, De Vries A and Webb DW 2010. Dynamics of culling risk with disposal codes reported by dairy herd improvement dairy herds. *Journal of Dairy Science* 93, 2250–2261.

Sarjokari K, Hovinen M, Seppä-Lassila L, Norring M, Hurme T, Peltoniemi OAT and Rajala-Schultz PJ 2018. On-farm deaths of dairy cows are associated with features of freestall barns. *Journal of Dairy Science* 101, 6253–6261.

Smith RL, Strawderman RL, Schukken YH, Welss SJ, Pradhan AK, Espejo LA, Whitlock RH, van Kessel JS, Smith JM, Wolfgang DR and Gröhn YT 2010. Effect of Johne's disease status on reproduction and culling in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 93, 3513–3524.

Tse C, Barkema HW, de Vries TJ, Rushen J and Pajor EA 2017. Effect of transitioning to automatic milking systems on producers' perceptions of farm management and cow health in the Canadian dairy industry. *Journal of Dairy Science* 100, 2404–2414.

Xunta de Galicia. Consellería do Medio Rural 2018. Explotación do rexistro de gando bovino. Retrieved on 14 June 2018 from [http://mediorural.xunta.gal/institucional/estadisticas/medio\\_rural/gando\\_bovino/](http://mediorural.xunta.gal/institucional/estadisticas/medio_rural/gando_bovino/).

