

**“El orden de entrada y la calidad de la
leche como indicativo del estado
sanitario y bienestar de las ovejas
lecheras”**

Anna Recio Sánchez

Trabajo presentado para la superación de 15 créditos del Módulo Trabajo Fin de
Máster del Máster Oficial en Calidad de Alimentos de Origen Animal.

Trabajo dirigido por: Gerardo Caja y Ahmed Salama

Facultat de Veterinària

Departament de Ciència Animal i dels Aliments

Barcelona, septiembre 2023

Declaración de autoría

Anna Recio Sánchez, como estudiante del Máster Oficial en Calidad de Alimentos de Origen Animal y como autora de este Trabajo de Fin de Máster

DECLARO QUE,

El trabajo que presento para su exposición y defensa es original y no he utilizado fuentes de información sin mencionar de forma clara y estricta en su origen, tanto en el cuerpo del texto como en la bibliografía. Asimismo, soy plenamente consciente de que el hecho de no respetar estos términos es objeto de sanciones universitarias y/o de otro orden.

Gerardo Caja López, Profesor emérito del Departament de Ciència Animal y dels Aliments, de la Facultat de la Universidad Autónoma de Barcelona y **Ahmed Salama Fadali**, Profesor Titular del Departament de Ciència Animal y dels Aliments, de la Universidad Autónoma de Barcelona.

INFORMAN:

Que el trabajo de investigación titulado “Relación entre el comportamiento en la sala de ordeño y la producción y calidad de leche” ha sido realizado bajo nuestra dirección por Anna Recio Sánchez, dentro del módulo “Trabajo Fin Máster” del Máster Oficial de Calidad de Alimentos de Origen Animal de la Universidad Autónoma de Barcelona.

Y para que conste donde proceda, firmo el presente en Bellaterra (Cerdanyola del Vallés) a 28 de julio de 2023.

Dr. Gerardo Caja López

Dr. Ahmed Salama Fadali

LISTA DE ABREVIATURAS

FAO: “Food and Agriculture Organization”

UE: “Unión Europea”

BA: “Bienestar animal”

PLF: “Ganadería de precisión”

IMI: “Infección bacteriana intramamaria”

SCC: “Recuento células somáticas”

CNS: “Estafilococos coagulasa negativos”

CPS: “Estafilococos coagulasa positivos”

EWS: “Early warning system”

LC: “Lacaune”

MN: “Manchega”

kPa: “Kilopascal”

mL: “Mililitro”

ESM: “Extracto seco magro”

DRE: “Eficacia de lectura dinámica”

mg: “Miligramo”

L: “Litro”

ÍNDICE

ABSTRACT	10
RESUMEN	11
INTRODUCCIÓN	12
IMPORTANCIA DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE DE OVEJA	12
INFECCIONES MAMARIAS	13
RECuento DE CÉLULAS MAMARIAS EN LECHE	16
ORDEN DE ENTRADA EN EL ORDEÑO	17
OBJETIVOS	19
MATERIAL Y MÉTODOS	20
ANIMALES:	20
SALA DE ORDEÑO	21
ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO	22
IDENTIFICACIÓN DE LOS ANIMALES	24
CONDICIONES AMBIENTALES	24
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	24
BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA	25
RESULTADOS	25
EFICIENCIA DE LECTURA DE LOS TRANSPONEDORES	25
MICROORGANISMOS HALLADOS	26
RESULTADOS DEL CONTROL LECHERO	27
EVOLUCIÓN SCC Y IMI	28
AUTOCURACIONES Y NUEVAS INFECCIONES	29
ORDEN DE ENTRADA Y PARÁMETROS PRODUCTIVOS	29
ORDEN DE ENTRADA Y PARÁMETROS PRODUCTIVOS: SEGUNDO CONTROL LECHERO	31
CONSISTENCIA Y REPETIBILIDAD DEL ORDEN DE ENTRADA	33
ALARMAS DE CAMBIO DE ORDEN	33

DISCUSIÓN	37
EFICIENCIA DE LECTURA DE LOS TRANSPONDEDORES	37
MICROORGANISMOS HALLADOS	37
RESULTADOS DEL CONTROL LECHERO	37
EVOLUCIÓN SCC Y IMI	38
AUTOCURACIONES Y NUEVAS INFECCIONES	39
ORDEN DE ENTRADA Y PARÁMETROS PRODUCTIVOS: PRIMER CONTROL LECHERO	39
ORDEN DE ENTRADA Y PARÁMETROS PRODUCTIVOS: SEGUNDO CONTROL LECHERO	41
CONSISTENCIA Y REPETIBILIDAD DEL ORDEN DE ENTRADA	41
ALARMAS DE CAMBIO DE ORDEN	41
CONCLUSIONES	42
BIBLIOGRAFÍA	43

LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 1: Número de ovejas por kilómetro cuadrado en 2015 (Gilbert, 2018).....	12
FIGURA 2: Costes producidos por las mamitis en ganado ovino (Watson & Buswell., 1984)....	15
FIGURA 3: Representación de la nave de ovejas de la granja experimental de la UAB, el color verde corresponde a los animales en lactación seleccionados para el estudio	21
FIGURA 4: Recogida de muestras individuales para composición durante el control lechero mensual.....	22
FIGURA 5: Recogida de muestras para análisis bacteriológico. en la primera imagen se ve la desinfección previa de los pezones con una solución yodada, seguidamente se muestra la técnica para la recogida aséptica de muestras y por último la siembra de dicha muestra en placas agar sangre	23
FIGURA 6: Prevalencia de microorganismos en los cultivos bacteriológicos de las muestras de leche de oveja en los controles realizados.....	26
FIGURA 7: Comparación entre colonias de <i>s. aureus</i> (izquierda) y no aureus (derecha) en placa agar sangre incubada 48 h	27
FIGURA 8: Evolución del recuento de células somáticas (SCC) según el estado de lactación y del número de ovejas sospechosas de mamitis ($>400 \times 10^3$ células/ml)	28
FIGURA 9: Evolución del recuento de células somáticas (SCC) y de la prevalencia de ovejas con ubres infectadas	29
FIGURA 10: Variación del orden de entrada de las ovejas en la sala de ordeño.....	34
FIGURA 11: Diagrama de cajas donde se observa el orden de entrada y los “outliers” de algunas ovejas (n = 15) incluidas en el estudio	35

FIGURA 12: Evolución de la desviación estándar (SD, eje y) del orden de entrada medio en la sala de ordeño según de orden de entrada de las ovejas (eje x)**35**

FIGURA 13: Evolución de la desviación estándar (SD, eje y) del orden de entrada medio en la sala de ordeño según de orden de entrada de las ovejas (eje x) en el ordeño de la mañana y en el de la tarde**36**

LISTA DE TABLAS

TABLA 1: Clasificación de las mamitis en ganado ovino y sus consecuencias tanto en la ubre como en la leche (Menzies & Ramanoon, 2001)	14
TABLA 2: Valores de referencia de recuento de células somáticas e infecciones mamarias en ovejas lecheras (Junta de castilla y León, Consejería de Agricultura y Ganadería, 2009).....	17
TABLA 3: Efectos asociados al orden de entrada en la sala de ordeño en rumiantes lecheros.....	17
TABLA 4: Eficiencia de lectura a la entrada de la sala de ordeño de las ovejas identificadas (n = 112) mediante transpondedores de baja frecuencia (bolos)	26
TABLA 5: Comparación de los resultados obtenidos en el primer y el segundo control lechero según raza (MN: Manchega; LC: Lacaune) y número de parto (M: Multíparas; P: Primíparas) ..	28
TABLA 6: Correlaciones de Spearman (Rho, ρ) entre el orden de entrada y variables productivas de ovejas lecheras en el primer control lechero	30
TABLA 7: Resultados del test de Wilcoxon Mann-Whitney entre el orden de entrada de las ovejas y las variables productivas de tipo ordinal, al primer control lechero	31
TABLA 8: Correlaciones de Spearman (Rho, ρ) entre el orden de entrada y variables productivas de ovejas lecheras en el segundo control lechero.....	31
TABLA 9: Resultados del test de Wilcoxon Mann-Whitney entre el orden de entrada de las ovejas y las variables productivas de tipo ordinal, al primer control lechero	32

ABSTRACT

This study is part of a project (UE H2020 TechCare) on the use of sensors for monitoring the welfare of small ruminants and its working hypothesis was the possibility of using the order of entrance of dairy ewes into milking parlour as a proxy to detect changes on udder health (mastitis) and on milk yield and composition. Changes in milking order were hypothesised to be an indicative of a welfare or health issue. The study was carried out in autumn during mid lactation in the flock of dairy ewes of the UAB Experimental Farm. A total of 112 ewes (78 Lacaune and 34 Manchega) electronically identified by boluses were used. The ewes were milked twice daily in a 2x12 milking parlour, grazed 6 h/d and were feed complemented indoors. Automatic milk yield (daily), milk composition (monthly), milk somatic cell counts (monthly), bacterial culture in milk (monthly) and final body weight of the ewes were recorded during the study. Conclusive evidence was established on the existence of a conditioned entry order into the milking parlour according to breed, age and weight of the ewes. Correlations were found between the entry order and milk composition. At the end of lactation, a significantly positive correlation was found between order of entry and the presence of mammary infections, the infected ewes tending to occupy the last places in the milking parlour.

Keywords: “Dairy sheep”, “welfare”, “entrance order”, “milking parlour”, “udder health”.

RESUMEN

Este estudio forma parte de un proyecto (UE H2020 TechCare) sobre el uso de sensores para monitorizar el bienestar de los pequeños rumiantes y su hipótesis de trabajo era la posibilidad de utilizar el orden de entrada de las ovejas lecheras en la sala de ordeño como indicador para detectar cambios en la salud de la ubre (mastitis) y en la producción y composición de la leche. Se partió de la hipótesis de que los cambios en el orden de entrada al ordeño eran indicativos de un problema de bienestar o de salud. El estudio se llevó a cabo en la paridera de otoño, durante la mitad de la lactación en el rebaño de ovejas lecheras de la Granja Experimental de la UAB. Se utilizaron un total de 112 ovejas (78 Lacaune y 34 Manchega) identificadas electrónicamente mediante bolos. Las ovejas se ordeñaron dos veces al día en una sala de ordeño 2x12, pastorearon 6 h/día y se complementó su dieta con pienso dentro de la nave. Durante el estudio se registraron la producción automática de leche (diaria), la composición de la leche (mensual), el recuento de células somáticas de la leche (mensual), el cultivo bacteriano de la leche (mensual) y el peso corporal final de las ovejas. Se establecieron pruebas concluyentes sobre la existencia de un orden condicionado de entrada en la sala de ordeño en función de la raza, la edad y el peso de las ovejas. Se hallaron correlaciones entre el orden de entrada y la composición de la leche. Al final de la lactación se encontró una correlación significativamente positiva entre el orden de entrada y la presencia de infecciones mamarias, tendiendo las ovejas infectadas a ocupar los últimos lugares en la sala de ordeño.

Palabras clave: "Ovino lechero", "bienestar", "orden de entrada", "sala de ordeño", "salud de la ubre".

INTRODUCCIÓN

Importancia de la producción de leche de oveja

La producción mundial de leche de oveja y cabra se ha más que duplicado durante los últimos 50 años y, si se mantiene esta tendencia, se espera que aumenten aproximadamente 2,7 Mt (+26%) y, 9,7 Mt (+53%) respectivamente, para 2030 (Pulina et al., 2018). Según la FAO (Food and Agriculture Organization), en 2017 la producción mundial de leche de oveja (**Figura 1**) supuso 10.5 Mt, lo que constituye un 1.3% del total de leche producida por distintos mamíferos, siendo Asia el principal productor de este tipo de leche (45,6%), seguido de Europa (29%) y África (24,5%). En el caso de la Unión Europea (UE), la producción de pequeños rumiantes se sitúa mayoritariamente en áreas agrícolas donde las condiciones climáticas y edafológicas se califican como desfavorecidas y que son poco adecuadas para otro tipo de ganado. Sin embargo, en la UE estas ganaderías y sus sistemas de producción se consideran cruciales para el mantenimiento y calidad de vida de la población en muchas áreas rurales (FAOSTAT, 2018; Caja et al., 2021). Con este motivo, la UE destina actualmente numerosos recursos a la sostenibilidad de las explotaciones y a la valoración objetiva del bienestar de los pequeños rumiantes.

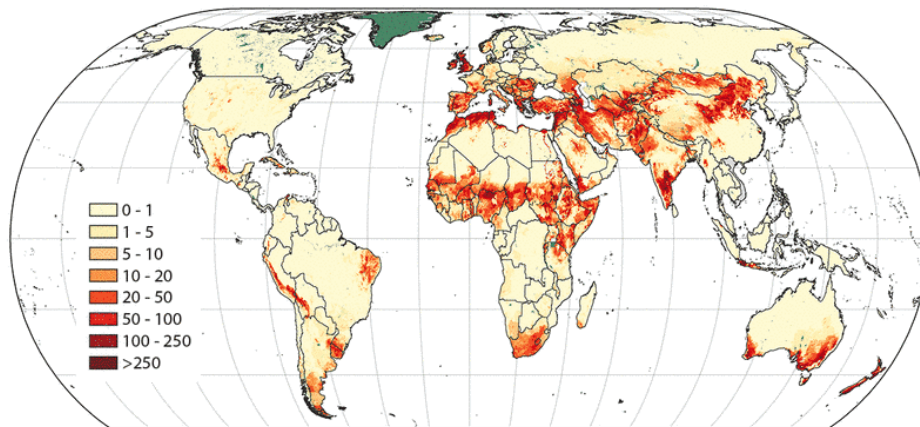


Figura 1: Número de ovejas por kilómetro cuadrado en 2015 (Gilbert, 2015).

El bienestar animal (BA) de un individuo, se corresponde con el equilibrio de su estado fisiológico, en función de los esfuerzos que hace por superar las dificultades del medio ambiente que le rodea (Broom, 1993). La FAWEC (2012) considera que un animal se encuentra en un estado satisfactorio de bienestar cuando está sano, confortable y bien alimentado, puede expresar

su comportamiento innato, y no sufre dolor, miedo o distrés. Este tema es una de las cuestiones actuales más importantes en ganadería, en especial para todos aquellos con una perspectiva liderada por una preocupación ética, además de ser un factor ligado a la calidad y seguridad de los alimentos a lo largo de la cadena alimentaria (Broom, 1993).

En el ganado ovino lechero, un punto clave en el que promover y asegurar su bienestar es durante el proceso de ordeño. En este sentido, el desarrollo de mejoras técnicas e implantación de sistemas de monitorización y de detección de problemas durante el ordeño, mediante el uso de sensores se plantea como una posibilidad de alto interés aplicado. Este enfoque tecnológico, basado en la medición individual de variables, modelización de los datos para información y su posterior uso como ayuda en la toma de decisiones del ganadero, se conoce actualmente como ganadería de precisión (PLF) (Berckmans, 2008; Berckmans, 2014; Caja et al., 2020). Existe un consenso general a favor de los sistemas PLF, dado que son una oportunidad para mejorar la rentabilidad, la gestión del bienestar y la sostenibilidad de las explotaciones ganaderas, incluidas las de pequeños rumiantes en condiciones extensivas (Bocquier et al., 2014). El futuro de las explotaciones de pequeños rumiantes lecheros pasa por robotizar las salas de ordeño, ya que la recogida de datos que aportan resulta fundamental en las granjas, pues ayuda a tomar decisiones claves (Franco, 2023).

Uno de los mayores problemas actuales en la gestión de un rebaño lechero que encontramos es la detección temprana de mamitis que, a pesar de la considerable investigación que se ha llevado a cabo en el tema, continúa siendo una de las patologías con mayor repercusión económica en las explotaciones. Para ello, resulta indispensable un programa completo de control, que incluya la calidad de la leche, la viabilidad económica del productor, la reducción en el uso de antimicrobianos y la mejora del bienestar animal (Martínez, 2023).

Infecciones mamarias

La mamitis por definición es una inflamación de la glándula mamaria (Menzies & Ramanoon, 2001), se trata de una enfermedad compleja que se produce como respuesta de la ubre de la oveja ante una agresión, la mayoría de los casos como resultado de una infección bacteriana intramamaria (IMI) (Mwenge, 2021) y, menos comúnmente, debida a infecciones virales, lesiones, irritación química, alérgenos o neoplasias (Torre, 2003). Los factores predisponentes y

ambientales también desempeñan un papel importante en el desarrollo de esta enfermedad, algunos de los cuales son la conformación de la ubre, la presencia de heridas, el número de parto, la edad, el periodo de secado, el estado de lactación, el nivel de producción, los sistemas de ordeño o la genética (Menzies & Ramanoon, 2001).

Las IMI pueden clasificarse en grandes rasgos como clínicas o subclínicas, sin embargo, existe una clasificación con más detalle que se puede observar en la **Tabla 1**.

Tabla 1: Clasificación de las mamitis en ganado ovino y sus consecuencias tanto en la ubre como en la leche (Menzies & Ramanoon, 2001).

Leche	Manifestación clínica	Ubre
Ninguna anomalía visible; recuento bacteriano elevado; reducción de la producción de leche, SCC > 500.000 cél/mL; cambios en la composición de la leche.	Subclínica	Ningún signo visible de inflamación.
Cambios visibles en la leche, puede estar teñida de sangre o de color amarillo; puede ser espesa, grumosa o muy acuosa.	Clínica	Anomalías visibles en la ubre, la ubre puede estar firme, hinchada, etc. La gravedad de la anomalía varía en función de la gravedad de la enfermedad.
Puede contener coágulos, flóculos o secreción descolorida.	Subaguda (levemente clínica)	Ubres hinchadas, rojas, calientes y dolorosas al tacto; ubre dura y sensible.
Secreción de leche reducida; con coágulos, flóculos o secreción descolorida; parece acuosa	Aguda (inicio súbito de inflamación, puede ser fatal)	Hinchada, caliente, roja y dolorosa al tacto.
Aspecto anormal de la leche; líquido sanguinolento.	Hiperaguda (inflamación grave, fatal y pérdida de la ubre afectada)	Anomalías visibles; hinchada; fría, azul o negra; puede desprender-se o gangrenarse.
Puede no tener producción de leche; rendimiento y composición reducidos; contiene material	Crónica	Dura o grumosa; con abscesos; puede tener cicatrices; puede ser fibrótica; pezones hinchados;

purulento (pus).		puede contener un núcleo duro de pus; aspecto asimétrico; puede agrandarse o encogerse.
------------------	--	---

Las mamitis clínicas son infecciones de la ubre con una prevalencia inferior al 5% en ovino lechero (Contreras et al., 2007) y que presentan una sintomatología evidente (fiebre, dolor, debilidad y/o cambios físicos en la ubre), con alteración cuantitativa y cualitativa de la leche. Sus consecuencias son una marcada disminución de la producción láctea y cambios físicos y organolépticos de la leche.

Las mamitis subclínicas, con una prevalencia media del 5-30% (Contreras et al., 2007), se caracterizan por pasar desapercibidas, pero con cambios funcionales considerables y con importancia desde el punto de vista económico, ya que pueden representar hasta el 90% de pérdidas económicas derivadas de las mamitis (Arroyo, 2019; Suárez, 2004) y, además, tienen una especial repercusión en la industria quesera, con disminución de la coagulación de la leche (Rovai et al., 2015). Otras pérdidas sobrevienen por los costes añadidos (**Figura 2**) debidas al tratamiento con antibióticos, eliminación de leche durante el periodo de supresión por residuos farmacológicos, necesidad de una mayor reposición de ovejas, pérdidas del valor genético de los rebaños por una mayor prevalencia de mamitis en animales con elevadas producciones y menor rendimiento quesero de la leche (Torre, 2003).

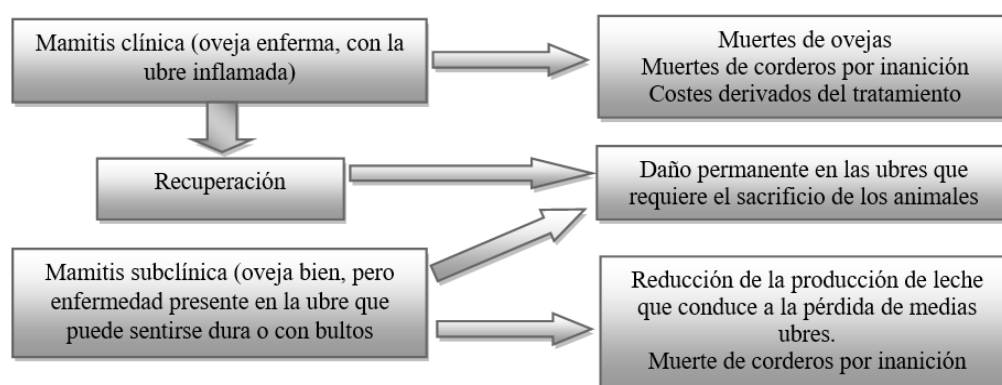


Figura 2: Costes producidos por las mamitis en ganado ovino (Watson & Buswell., 1984).

Los agentes etiológicos responsables de las mamitis son bacterias, virus y hongos. Destaca especialmente la gran diversidad de agentes bacterianos, llegándose a aislar más de 30 especies

bacterianas en ovejas con mastitis, variando su presencia según la zona en la que nos encontremos (Smith et al., 2015). A nivel general, los organismos más frecuentemente implicados en las mastitis ovinas son *Staphylococcus aureus*, estafilococos no aureus (especialmente coagulasa negativos, a partir de ahora CNS), *Mannheimia spp* y *Streptococcus spp*. Por otro lado, entre los estafilococos no aureus, destaca *Staphylococcus epidermis* como patógeno más aislado en el caso de las infecciones intramamarias subclínicas (Bergonier et al., 2003; Smith et al., 2015). En España, los microorganismos con mayor presencia a nivel subclínico son los CNS, seguidos de *S. aureus* y *Mycoplasma spp*, mientras que a nivel clínico lo son *Mycoplasma spp*, patógeno responsable de la Agalaxia Contagiosa, seguido de *Staphylococcus aureus* y CNS (Esnal de la Presa y Extramiana, s.f).

Recuento de células mamarias en leche

El recuento de células somáticas (SCC) es uno de los principales indicadores utilizados para determinar la calidad higiénico-sanitaria de la leche de oveja, con repercusiones en el precio de la misma. Diferentes autores consideran el SCC como un índice asociado a las IMI y que valora el número de leucocitos que afluyen de sangre a leche como respuesta a la agresión local mamaria. Su uso rutinario en leche de oveja se aplica tanto a nivel individual, en el marco de control lechero, como a nivel de leche de tanque (Arias, 2009). Utilizar las SCC como indicador del estado sanitario de la ubre puede ser una herramienta útil, sencilla, rápida y económica para determinar el estado de salud de la ubre del ganado ovino (Esnal de la Presa y Extramiana, s.f) además de ser de utilidad para monitorizar la mejora conseguida tras la implantación de medidas de control (Gonzalo, 2013). El recuento de células somáticas varía de forma natural en el transcurso de la lactación, siguiendo en ovejas con ubres sanas una evolución inversa a la curva de producción lechera. Diversos estudios también muestran que el recuento celular en la leche de oveja aumenta con el número de parto, similar a lo que ocurre en el ganado vacuno lechero (Arias, 2009).

Aunque hoy en día los límites máximos permitidos de SCC en ovino no estén legislados, la Junta de Castilla y León (2009) considera que existen tres categorías sanitarias de los rebaños en función del RCS de la leche del tanque (**Tabla 2**).

Tabla 2: Valores de referencia de recuento de células somáticas e infecciones mamarias en ovejas lecheras (Junta de Castilla y León, Consejería de Agricultura y Ganadería, 2009).

Categoría sanitaria del rebaño lechero	SCC en leche ($\times 10^3$ células/mL)	Infecciones	
		Mamarias (%)	Ovejas (%)
Buena	< 500	<15	<30
Aceptable	500-1.000	25	40
Deficiente	>1.000	>30	>45

Además, el SCC individual por animal permite tomar ciertas decisiones importantes en la explotación, como por ejemplo la separación e identificación de aquellos animales con infecciones crónicas, adelantar el tratamiento de secado, planificar el ordeño en grupos según la categoría sanitaria y el seguimiento de la evolución de la calidad de la leche según el estado de lactación (Martín, 2018).

Orden de entrada en el ordeño

En estudios previos realizados se ha observado que la entrada inusualmente tardía en la sala de ordeño de animales de distintas especies de rumiantes lecheros está relacionada con su bienestar (especialmente problemas sanitarios), así como con otros factores productivos de interés. Así Ojeda (1978) y Hopser et al., (1998) comprobaron ciertas preferencias en ovejas y vacas lecheras, respectivamente, a la hora de ocupar una determinada plataforma de ordeño (i.e. izquierda o derecha), mientras que Wasilewski (1999) indicó la existencia de un determinado orden de entrada en la sala de ordeño en vacas. En la **Tabla 3** se ha resumido la bibliografía disponible sobre los efectos del orden de entrada en la sala de ordeño.

Tabla 3: Efectos asociados al orden de entrada en la sala de ordeño en rumiantes lecheros.

Especie	Indicador	Entrada temprana	Referencia
Vacuno	Rango social	Dominantes	Reinhardt et al. (1973)
	Producción	Mayor producción	
	RCS	Menor recuento	Rathore (1982)
	Incorporación al rebaño	Mayor antigüedad	Polikarpus et al. (2015)
	Salud de ubre	Sanas	

	Historial veterinario	Reducido	Littooij & Butterworth (2017)
	Edad	Mayor edad	
Búfalo	Producción	Mayor producción	Polikarpus et al. (2014)
	Estado lactación	Inicio lactación	
Cabra	Producción	Mayor producción	Margetinová et al. (2003)
	Edad	Mayor edad	
	Rango social	Mayor rango	Górecki et al. (2004)
	Peso	Mayor peso	
	Edad	Menor edad	
Oveja	Ordeñabilidad	Mejor ordeñabilidad	Villagrà et al. (2007)
	Infección por <i>Toxoplasma gondii</i>	No infectadas	Górecki et al. (2008)
	Producción	Mayor producción	Macuhová et al. (2017)

Por ejemplo, Polikarpus et al., (2015) observaron que las vacas de reciente incorporación en el rebaño o con mamitis, entraban más tarde en la sala de ordeño en comparación con las más antiguas y sanas. También, según Littooij & Butterworth (2017) las vacas de mayor edad y con ubres más sanas entran con anterioridad a la sala de ordeño. Así mismo, Villagrà et al., (2007) indicaron que las ovejas que entran en el último grupo de ordeño presentan los valores más bajos de eyección de leche y peor ordeñabilidad, lo que podría ser indicativo de un menor bienestar. A su vez, se han señalado hábitos de comportamiento respecto a la entrada en la sala de ordeño en distintas especies. Así, Macuhová et al., (2017) evidenció preferencias individuales por determinadas posiciones en los grupos de ordeño que parecen mantenerse en ovejas, al menos durante periodos breves.

Sin embargo, no hay evidencias que demuestren que el orden de entrada en el ganado ovino pueda estar asociado al SCC, la composición de la leche o la edad. Estos cambios en el orden de entrada podrían ser un sistema sencillo y de bajo coste para identificar de manera temprana (EWS, early warning system) problemas sanitarios en ovejas lecheras, especialmente la aparición de mamitis subclínicas o clínicas que modifican la salud del animal y la calidad de la leche. Así basándose en la identificación electrónica obligatoria de todos los ovinos de la UE y en la disponibilidad de medidores electrónicos, se podría registrar y agregar el orden de entrada a los parámetros que son recogidos de forma rutinaria en cada ordeño en los sistemas PLF. Para ello,

resulta importante desarrollar algoritmos que detecten rápidamente desviaciones temporales en el orden de entrada habitual de una oveja en la sala de ordeño, lo que puede resultar clave para el manejo individual de los animales en grandes rebaños.

OBJETIVOS

La hipótesis principal de este trabajo contempla que la salud de la ubre está asociada con el orden de entrada en la sala de ordeño, por lo que aquellos animales con IMI en una o ambas ubres presentarán un comportamiento alterado en la entrada a la sala de ordeño. Por ello, el objetivo general de este trabajo de investigación fue estudiar en ganado ovino lechero, si el estado de salud de la ubre y otras variables productivas (raza, edad, número de lactación, productividad, peso) determinan el orden de entrada a la sala de ordeño.

Para conseguir el objetivo general, se plantearon diversos objetivos parciales:

- El primero de ellos consistió en comprobar que todos los animales contaban con identificación electrónica individual y que ésta funcionaba adecuadamente y, por otro lado, que los datos de producción y de orden de entrada se registraban adecuadamente y se correspondían con el animal estudiado.
- En segundo lugar, se quiso averiguar si existía consistencia en el orden de entrada de los animales a la sala de ordeño, es decir, si los animales entraban en un orden preestablecido o si el orden era aleatorio.
- El tercero y principal objetivo del ensayo fue estudiar el efecto del orden de entrada y su relación con la salud de la ubre en el ganado ovino y los datos de producción y composición de leche aportados por el control lechero. Por otro lado, también se ha querido estudiar el efecto de otros parámetros individuales de la oveja (raza, nivel de producción, edad, número de lactación, peso corporal).

A partir de todo ello se persigue creación de nuevas herramientas de PLF que sean capaces de detectar cambios en el orden de entrada habitual de un animal, de tal modo que se pueda detectar de forma temprana la alteración de la salud y la presencia de mamitis.

Este trabajo se realiza en el marco del Proyecto Europeo “TechCare” (H2020 Research and Innovation Program: Contrato #862050; <https://techcare-project.eu/project/>) sobre la aplicación de PLF en pequeños rumiantes, con la finalidad de desarrollar y validar herramientas innovadoras que permitan una valoración eficiente de los indicadores de bienestar basados en el animal, creando sistemas de alerta temprana que permitan la identificación objetiva de problemas de bienestar. De una forma especial en este trabajo se relaciona el bienestar con la producción y calidad de la leche (principalmente mamitis).

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la paridera de otoño de 2022 (setiembre y octubre) del rebaño de ovejas lecheras del Servicio de Granjas Experimentales de la UAB entre el 23 de enero y el 11 de abril de 2023 con controles de producción de leche automáticos diarios, de composición mensuales (31 de enero y 2 de marzo) y de peso a mitad de la lactación (11 de abril).

Animales

Se utilizaron un total de 112 ovejas de ubres sanas (sin síntomas de mamitis clínica) a mitad de lactación (110 y 140 d desde el parto) y de edades comprendidas entre 1 y 8 partos. El rebaño estaba constituido por 78 ovejas de raza Lacaune (LC, 27 primíparas y 51 multíparas) y 34 de raza Manchega (MN, 1 primípara y 33 multíparas).

Las condiciones de explotación del rebaño fueron de tipo semi-intensivo, con pastoreo en praderas de secano (6h/día) y suplementación con una ración total mezclada ad libitum a base de heno de alfalfa (60%) y concentrado (40%) en la granja. También se complementó la dieta con 200g de concentrado proporcionado individualmente en el interior de la sala de ordeño. En el corral disponían de agua y bloques de vitaminas y minerales comercial (Multi-Block; Agraria Comarcal del Vallès, Barcelona, ES) a libre disposición.

Las ovejas se distribuyeron en dos corrales, el primero con una capacidad para 24 ovejas y el segundo con una capacidad para 88, repartiéndolas de forma aleatoria en un corral o en otro. El diseño experimental persiguió no condicionar la entrada de los animales a la sala de ordeño, así

como de no interferir en la expresión de su comportamiento natural. Para ello, 30 minutos antes del inicio de cada ordeño se unificaba a todos los animales en el corral más grande. Durante toda la duración del ensayo se repartió a los animales en el corral más grande a modo de sala de espera. En la **Figura 3** se puede observar la distribución de los animales con más detalle.

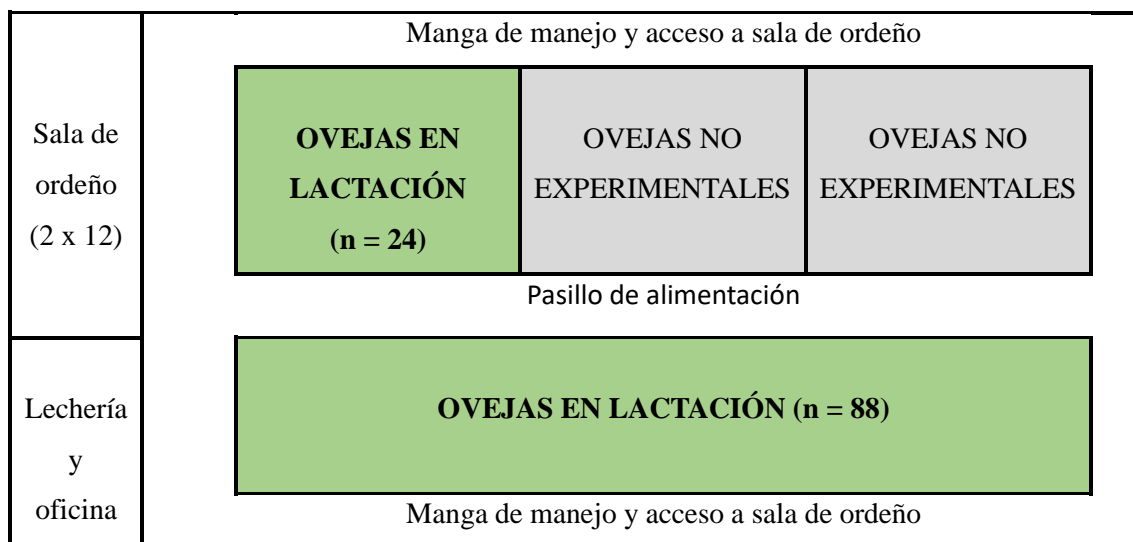


Figura 3: Representación de la nave de ovejas de la Granja Experimental de la UAB, el color verde corresponde a los animales en lactación seleccionados para el estudio.

Sala de ordeño

El ordeño se llevó a cabo de forma rutinaria dos veces al día (7:00 y 17:30 h) sin preparación previa de la ubre, en una sala 2x12 con línea alta (Amarre azul-1), (DeLaval, Alcobendas, ES) y 12 unidades de ordeño (SG-TF100) con medidores automáticos (MM25SG) y desconexión automática de pezoneras (flujo <0,1 L/min o tiempo >3min). Los pezones se desinfectaron al finalizar el ordeño con una solución yodada (Ecolab, Barcelona, ES). Las condiciones de trabajo de la máquina de ordeño se fijaron a un nivel de vacío de 40 kPa, 120 pulsaciones/min y 50% de relación de pulsación.

La producción de leche y el orden de entrada se controlaron de forma automática en cada ordeño durante todo el experimento mediante el uso de los medidores electrónicos MM25SG. Las muestras de leche (100 mL) se recogieron como alícuotas de cada ordeño (**Figura 4**) (mañana,

60%; tarde, 40%) a partir de la leche recogida en colectores individuales completos de 5 L (DeLaval, Alcobendas, ES) y se preservaron a 4°C añadiendo un antimicrobiano (bronopol) hasta su análisis.

Los valores de composición (sólidos totales, grasa, proteína y lactosa) se determinaron utilizando Milkoscan (Milkoscan FT2 – infrared milk analyzer, Foss 260, DK-3400 Hillerød, DK) y el SCC mediante un contador automático de células (Fossomatic 5000, Foss Electric, Hillerød, DK) calibrados previamente para leche de oveja, en el laboratorio interprofesional lechero de Cataluña (ALLIC, Cabrils, Barcelona, ES). La condición corporal fue determinada por un técnico entrenado utilizando una escala de 0 a 5 y el peso se determinó mediante una báscula electrónica semiautomática (Datamars Prattley 2 Way Electric Autodrafter, UK) a los 180 días de lactación.



Figura 4: Recogida de muestras individuales para composición durante el control lechero mensual.

Análisis bacteriológico

Para el análisis microbiológico las muestras se recogieron de forma aséptica (**Figura 5**). Antes del muestreo los pezones se desinfectaron sumergiéndolos en una solución de yodo (Ecolab, Barcelona, ES) y posteriormente se secaron con toallas de papel desechable, seguidamente se descartaron los primeros 3 chorros de leche. Después de la limpieza, los pezones se desinfectaron con etanol al 70% (Montplet, Barcelona, ES) y se secaron de nuevo con toallas de papel

desechable. Se recogieron muestras de 3 a 4 mL de cada media ubre en tubos estériles (Deltalab, Barcelona, ES). Los análisis bacteriológicos se realizaron el mismo día, sembrando 0.01 mL de leche en placas agar-sangre que contenían un 5% de glóbulos rojos de oveja lavados. Las placas se incubaron a 37°C y se examinó el crecimiento bacteriano después de 24 y 48 h.



Figura 5: Recogida de muestras para análisis bacteriológico. En la primera imagen se ve la desinfección previa de los pezones con una solución yodada, seguidamente se muestra la técnica para la recogida aséptica de muestras y por último la siembra de dicha muestra en placas agar sangre.

Se consideraron cultivos positivos aquellos que presentaban crecimiento bacteriano significativo, considerado como 5 o más colonias similares. Se consideraron cultivos negativos aquellos que presentaban ausencia de crecimiento bacteriano o menos de 5 colonias. Se consideraron cultivos positivos puros aquellos que presentaban crecimiento bacteriano significativo de una única especie, en el cual las colonias eran prácticamente idénticas entre ellas o con mucha semejanza. Se consideraron cultivos positivos mixtos aquellos que presentaban crecimiento bacteriano significativo de 2 especies bacterianas claramente diferenciables por presentar colonias muy diferentes. Finalmente, se consideraron cultivos contaminados aquellos que presentaban crecimiento anómalo.

Identificación de los animales

Los animales estaban identificados de acuerdo con la normativa oficial de la UE (CE 21/2004, 933/2008, 759/2009) y española (RD 685/2013), con crotales plásticos de bandera y bolos ruminales electrónicos (e-B) oficiales de tecnología HDX (e-BHDX, Datamars, Bedano, SW) o FDX-B (e-BFDX, Allflex-Azasa, Madrid, ES). La sala de ordeño disponía de dos portales de identificación con paneles multi-reader (DeLaval, Alcobendas, ES) mediante los cuales se determinó el orden de entrada a la sala de ordeño. Los datos capturados en cada ordeño por el sistema DeLaval se descargaron diariamente de forma automática a un computador fijo y se procesaron con el programa AlPro Windows SG 7.2 Herd Management System (DeLaval, Alcobendas, ES).

Condiciones ambientales

Para evaluar las condiciones ambientales durante el ensayo se instaló una estación meteorológica en el exterior de la explotación (HP1000SE PRO Wi-Fi Internet Wireless Weather Station; Froggit HS Group, Köln, DE) equipada con sensores externos comunicados mediante Bluetooth de temperatura, humedad, presión, lluvia, velocidad del aire e insolación, así como sensores internos de temperatura y humedad (n = 6; DP50 WH31A Multi-Channel Thermo-Hygrometer Wireless Senso, Froggit) en las paredes de los corrales y a nivel de la cabeza de las ovejas. Los datos meteorológicos externos y los del interior de la granja se registraron en la plataforma Ecowitt (www.ecowitt.net), mediante acceso Wi-Fi a internet.

Análisis estadístico

Se estudiaron dos tipos de variables, por un lado, las variables cuantitativas, como los valores de producción y composición (grasa, proteína, lactosa, ESM, urea, SCC) de leche y peso vivo, y por otro lado las variables ordinales como el orden de entrada, número de parto, la raza y los resultados del cultivo microbiano (positivo o negativo).

Para el estudio de la asociación de las variables cuantitativas se utilizaron correlaciones de Pearson, mientras que cuando una de las variables era ordinal se utilizó la correlación de Spearman. Las comparaciones entre medias se realizaron mediante un test T-Student, mientras

que para comparar las medianas de las variables ordinales (orden de entrada) se utilizó el test de Wilcoxon Mann-Whitney.

La consistencia o repetibilidad del orden de entrada al ordeño se ha medido como correlación intraclase, el cociente de la varianza “entre” (varianza de los órdenes de entrada promedio) y la varianza total, suma de la varianza “entre” más la varianza “intra”, es decir, de las variaciones en el orden de entrada de cada oveja. La varianza de la correlación intraclase se calculó siguiendo la fórmula clásica de Fisher (Fisher, 1941).

Se ha realizado un análisis de regresión por tramos o “splines” para establecer si existe una relación lineal entre la media del orden de entrada de cada oveja y su desviación típica en diversos intervalos de la media del orden de entrada.

La significación estadística se fijó en $P < 0.05$, todos los cálculos, así como los “box-plot” y otras gráficas de interés se realizaron en un entorno R (R Core Team (2021)).

Búsqueda bibliográfica

Se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva de artículos científicos empleando como motor de búsqueda Google y Google académico, por otro lado, se utilizaron distintas bases de datos científicos, como Dialnet, Elsevier o ResearchGate principalmente. Algunas de las palabras clave utilizadas fueron “sheep milk”, “intramammary infection”, “milk yield”, “milking parlour” y “order of entry” entre otras. A partir de estos resultados en línea se realizó una selección de aquellos artículos con más relevancia y publicados más recientemente. La mayoría de los estudios analizados se encontraban publicados en idioma anglosajón.

RESULTADOS

Eficiencia de lectura de los transpondedores

De todos los datos de lectura de los identificadores electrónicos registrados en el total de ordeños realizados durante el experimento ($n = 11.697$), la cantidad de errores o fallos en la lectura de los identificadores electrónicos fue muy pequeña ($n = 245$). Para su valoración se ha utilizado la fórmula de eficiencia de lectura dinámica o DRE (Caja et al., 1999, 2014): $DRE =$

Leídos/Totales. Los valores de lectura se han resumido en la **Tabla 4** y resultaron satisfactorios para salas de ordeño (Nieddu y Caja, 2017).

Tabla 4: Eficiencia de lectura a la entrada de la sala de ordeño de las ovejas identificadas (n = 112) mediante transpondedores de baja frecuencia (bolos).

Periodo Controlado 23 enero-16 marzo 2023 (52 d)	
Lecturas e-ID:	
Total lecturas, n	11.648 (100%)
Lecturas registradas, n	11.403
Fallos de lectura, n	245 (2,1%)
Eficiencia de lectura	97,9%

Microorganismos hallados

Los microorganismos identificados mediante inspección visual de las placas agar sangre, fueron de forma mayoritaria estafilococos no aureus, en los que destacaron los CNS y CPS, aunque los CNS fueron predominantes tanto en el primero como en el segundo control lechero. El segundo microorganismo más prevalente fue *S. aureus*, que se encuentra representado de color gris en la **Figura 6**.

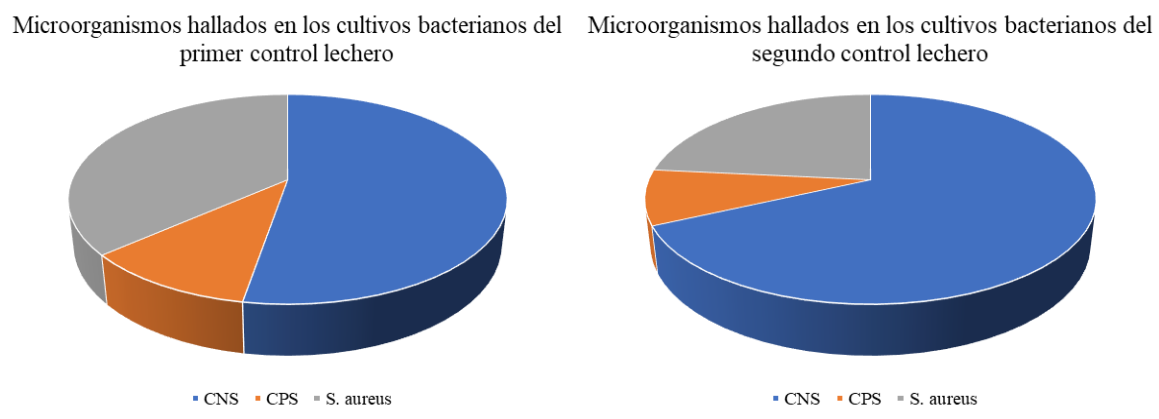


Figura 6: Prevalencia de microorganismos en los cultivos bacteriológicos de las muestras de leche de oveja en los controles lecheros realizados.

Las colonias de los estafilococos no aureus aparecieron en forma de puntos pequeños o medianos de tamaño blanco o grisáceo, los CPS frecuentemente muestran también un halo a contraluz. Por el contrario, las colonias de *S.aureus* aparecieron brillantes, elevadas, con una consistencia cremosa, con un color que va del amarillo al dorado, a la vez que mostraron un halo a su alrededor por la capacidad beta-hemolítica. La morfología de cada grupo de bacterias se muestra en la **Figura 7** con mayor detalle.



Figura 7: Comparación entre colonias de *S. aureus* (izquierda) y no aureus (derecha) en placa agar sangre incubada 48 h.

Resultados del control lechero

Los resultados de los dos controles lecheros realizados se muestran en la **Tabla 5**. Por un lado se observa que las ovejas de la raza Manchega tuvieron una producción diaria inferior a las ovejas de raza Lacaune. Por el contrario, los contenidos en grasa, proteína y ESM de la leche de la raza Manchega fueron superiores. También se observaron diferencias en los valores de SCC, en los que la raza Lacaune (y principalmente las multíparas) destacaron por tener recuentos superiores. La urea también sufrió cambios a lo largo de la lactación. Así, durante el primer control se situó alrededor de 350 mg/L y al final de la lactación los valores se duplicaron. La lactosa, en cambio, apenas sufrió variaciones de un control a otro, manteniéndose con valores bastante similares a lo largo del ensayo.

Tabla 5: Comparación de los resultados obtenidos en el primer y el segundo control lechero según raza (MN: Manchega; LC: Lacaune) y número de parto (M, Multíparas; P, Primíparas).

	Raza y parto	Prod.	SCC	LogSCC	Grasa	Proteína	Lactosa	ESM	Urea
Control 1	MN-M	0,50	400.121	4,92	9,40	6,80	4,53	12,33	325,58
	LC-P	0,88	1.465.815	5,69	6,91	5,44	4,92	11,27	318,48
	LC-M	0,89	1.705.020	5,75	7,29	6,17	4,38	11,50	370,51
Control 2	MN-M	0,49	799.303	5,69	9,29	6,82	4,65	12,42	670,00
	LC-P	0,90	2.421.407	6,18	6,92	5,95	4,18	11,00	601,15
	LC-M	0,83	1.277.980	5,82	6,90	5,94	4,74	11,59	576,73

Evolución SCC y IMI

En cuanto a la evolución del SCC a lo largo del estudio, se observó que el número de animales con un recuento $>500 \times 10^3$ aumentó del primer al segundo control lechero (**Figura 8**). Así, a los 110 d en lactación, aproximadamente el 45% de las ovejas presentaban un recuento elevado de células somáticas, mientras que a los 140 d se superó el 60%. En cuanto a los valores medios de SCC del rebaño entero, en el primer control lechero fue de alrededor de 300×10^3 y a los 140 d de aproximadamente 739×10^3 células/mL.

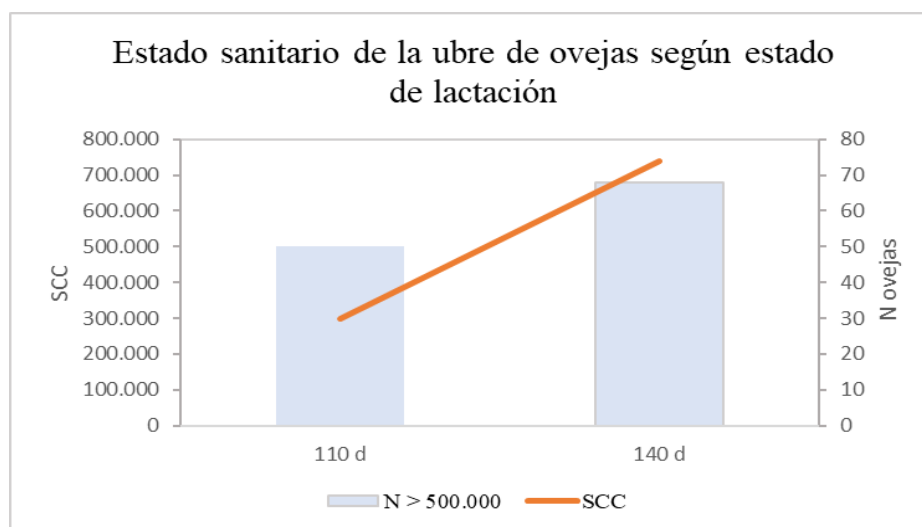


Figura 8: Evolución del recuento de células somáticas (SCC) según el estado de lactación y del número de ovejas sospechosas de mastitis ($>400 \times 10^3$ células/mL).

El número de infecciones mamarias, detectadas por cultivo bacteriano en agar-sangre, también aumentó de un control a otro (**Figura 9**), siguiendo una evolución muy similar al SCC. Se puede ver que la cantidad de animales infectados durante el primer control es inferior al número de animales infectados en el segundo control, y que a medida que el SCC aumenta también lo hace la prevalencia de IMI en el rebaño.

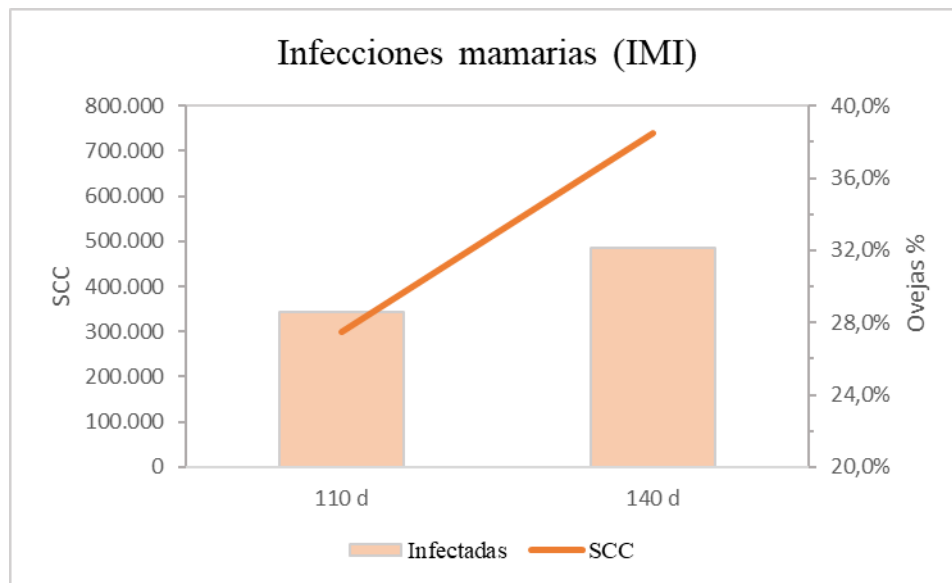


Figura 9: Evolución del recuento de células somáticas (SCC) y de la prevalencia de ovejas con ubres infectadas.

Autocuraciones y Nuevas infecciones

Tras calcular el porcentaje de nuevas infecciones mamarias y el porcentaje de autocuraciones espontáneas, se visualizó que estos dos fenómenos se equilibran entre sí, de modo que la cantidad de animales que se infecta por primera vez ($n = 10$) y el número de animales que resuelven sus IMI espontáneamente ($n = 7$) se iguala al final de la lactación. Así pues, aproximadamente un tercio de las ovejas (27,8%) presentó nuevas infecciones, mientras que un quinto (21,9%) logró autocuraciones.

Orden de entrada y parámetros productivos

Las correlaciones obtenidas se pueden observar en la tabla a continuación (**Tabla 6**).

Tabla 6: Correlaciones de Spearman (Rho, ρ) entre el orden de entrada y variables productivas de ovejas lecheras en el primer control lechero.

Primer Control Lechero		
Variable	Rho	P - valor
Grasa	0,25	0,007
Proteína	0,21	0,03
Lactosa	-0,26	0,006
ESM	0,11	0,24
Urea	0,09	0,32
Log SCC	-0,01	0,91
Producción (L)	-0,07	0,44
Peso	0,40	0,0001

Así, en el caso de la grasa, la correlación fue significativa y positiva entre el orden de entrada y la cantidad de grasa presente en la leche, esto significa que aquellos animales que entran de forma tardía en la sala de ordeño tienen una cantidad de grasa superior en comparación con aquellos animales que entran primeros en la sala de ordeño. La proteína también mostró una correlación positiva con el orden de entrada, de modo que aquellos animales con mayor contenido de proteína en su leche entraron más tarde al ordeño. Igualmente se observó correlación positiva y significativa entre el orden de entrada y el peso, lo que supuso que las ovejas con mayor peso entraron las últimas.

Especial interés respecto al estado sanitario de la ubre presentó el contenido en lactosa (se espera un descenso de lactosa en ubres con IMI), que disminuyó a medida que el orden de entrada aumentó. Esto significa que los animales que se encuentran en los últimos grupos de ordeño presentarán valores de lactosa significativamente más bajos.

En la **Tabla 7**, se observan los resultados obtenidos del análisis estadístico de las variables ordinales, llevado a cabo mediante un test de Wilcoxon. Como se observa en la tabla, no existe ninguna relación entre el orden de entrada y la presencia de cultivo bacteriano positivo (es decir, presencia de IMI). Sin embargo, el número de partos y la raza de las ovejas si parece tener una

influencia en el orden de entrada de las ovejas a la sala de ordeño. Cuando analizamos el efecto del número de partos (edad), en las ovejas primíparas la mediana de orden de entrada fue el puesto 31, mientras que, para las ovejas multíparas, la mediana de orden de entrada fue el puesto 64. Esto indica que los animales más jóvenes (primera lactación) entraron más pronto a la sala de ordeño, en comparación con los animales más viejos y con más de un parto.

Tabla 7: Resultados del Test de Wilcoxon Mann-Whitney entre el orden de entrada de las ovejas y las variables productivas de tipo ordinal, al primer control lechero.

Primer control lechero			
Variable	W	P - valor	Medianas
Cultivo	254	0,49	Negativo = 56 ^a
			IMI = 55 ^a
Nº partos	1666	0,001	Primíparas = 31 ^a
			Multíparas = 64 ^a
Raza	926,5	0,016	MN = 71 ^a
			LC = 50 ^a

En cuanto al efecto de la raza, las ovejas Lacaune entraron antes a la sala de ordeño que las Manchegas. Así, las Lacaune ocuparon de mediana el puesto 50, mientras que las Manchegas ocuparon de el puesto 71.

Orden de entrada y parámetros productivos: Segundo control lechero

En la **Tabla 8** se observan los resultados obtenidos del análisis de correlaciones de Spearman de las variables cuantitativas.

Tabla 8: Correlaciones de Spearman (Rho, ρ) entre el orden de entrada y variables productivas de ovejas lecheras en el segundo control lechero.

Segundo Control Lechero		
Variable	Rho	P-valor
Grasa	0,26	0,0052
Proteína	0,24	0,01

Lactosa	-0,31	0,0008
ESM	0,07	0,44
Urea	0,24	0,01
Log SCC	0,15	0,10
Producción (L)	-0,17	0,07
Peso	0,47	0,0001

En comparación con el primer control vemos que hay más variables con correlación significativa con el orden de entrada. Al igual que en el primer control, los contenidos en grasa y proteína se correlacionaron positivamente con el orden de entrada. La urea, que no mostró en el primer control una relación significativa con el orden de entrada, sí que lo mostró en el segundo, indicando que las ovejas que entran más tarde a la sala de ordeño presentan una urea en leche más elevada. El peso sigue guardando una correlación positiva y significativa en el segundo control, de modo que los animales más pesados fueron los últimos en entrar.

Finalmente es importante destacar que la lactosa volvió a mostrar una correlación negativa, que fue más elevada que en el primer control lechero, y que indicaría un peor estado sanitario de la ubre al aumentar el valor del número de entrada. Sin embargo, se observó una tendencia positiva con el Log SCC.

En la **Tabla 9**, se observan los resultados obtenidos del análisis estadístico de las variables ordinales para el segundo control lechero.

Tabla 9: Resultados estadísticos del Test de Wilcoxon Mann-Whitney entre el orden de entrada y otras variables productivas de tipo ordinal durante el segundo control lechero

Segundo control lechero			
Variable	W	P - valor	Medianas
Cultivo	306	0,021	Negativo = 44 ^a
			IMI = 69 ^a
N.º parto	1744,5	0,001	Primíparas = 33 ^a
			Múltiparas = 65 ^a

Raza	936	0,014	MN = 70 ^a
			LC = 50 ^a

En este caso si que se observó una correlación positiva entre el resultado del cultivo bacteriano y el orden de entrada, de modo que en las ovejas con cultivo negativo (ubres sanas) el valor de la mediana del orden de entrada fue el puesto 44, mientras que las ovejas con IMI, se situaron en el puesto 69 aproximadamente.

También se puede ver que el número de parto y la raza siguen manteniendo efectos significativos con el orden de entrada como durante el primer control lechero.

Consistencia y repetibilidad del orden de entrada

La consistencia o repetibilidad del orden de entrada se ha medido como correlación intraclase del orden de entrada a la sala de ordeño y su intervalo de confianza (95%). Los valores para los ordeños de la mañana y tarde fueron 0.69 (0.627-0.742) y 0.57 (0.567-0.633), respectivamente. Cómo puede observarse, los valores de la mañana y la tarde muestran un ligero solapamiento, lo que no permite afirmar que las correlaciones de mañana y tarde difieran significativamente. Así, en conjunto el valor de la repetibilidad del orden de entrada en la sala de ordeño fue de 0.61. Este resultado de correlación intraclase positiva indica que existe una tendencia de las ovejas a entren en rangos parecidos de orden y, aunque el valor de la correlación es moderado, resulta significativa.

Alarmas de cambio de orden

En la **Figura 10** se muestra el valor del coeficiente de variación (eje z) del conjunto de ovejas utilizadas (eje x) según su promedio de orden de entrada (eje y). A partir de estos datos, se estudió la validez de la hipótesis de que aquellas ovejas que habían sufrido una IMI (en una o ambas glándulas) podrían ser las que alteraron marcadamente su orden de entrada en la sala de ordeño.

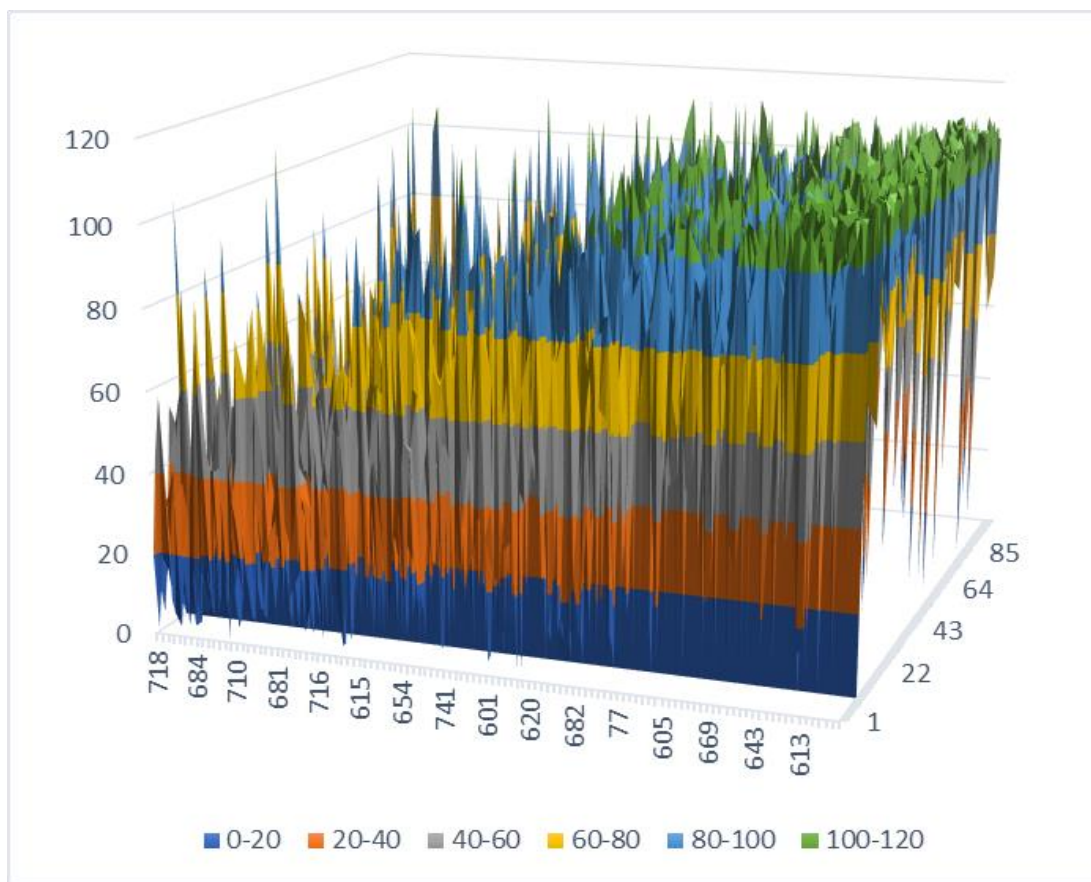


Figura 10: Variación del orden de entrada de las ovejas en la sala de ordeño.

Seguidamente se quisieron establecer unas “alarmas” con capacidad de detectar cuando un animal presenta un coeficiente de variación (CV) elevado de su orden de entrada, para ello se establecieron rangos de 50 a 100%. Las alarmas de cambio de orden con un $CV > 50\%$ implicaron a la totalidad de las ovejas en estudio, por lo que no resultó válido establecer este umbral de alarma. En el caso de $CV > 100\%$ se vieron implicadas aproximadamente la mitad de las ovejas del rebaño, lo que tampoco resultó efectivo en la práctica.

Como otra posible alternativa se utilizó el análisis de los datos de orden de entrada mediante la realización de diagramas de cajas o “box-plot” (**Figura 11**). En este caso, los “outliers” o valores atípicos que presenta cada oveja podrían ser de hecho posibles alarmas de alteración inesperada del orden de entrada en la sala de ordeño.

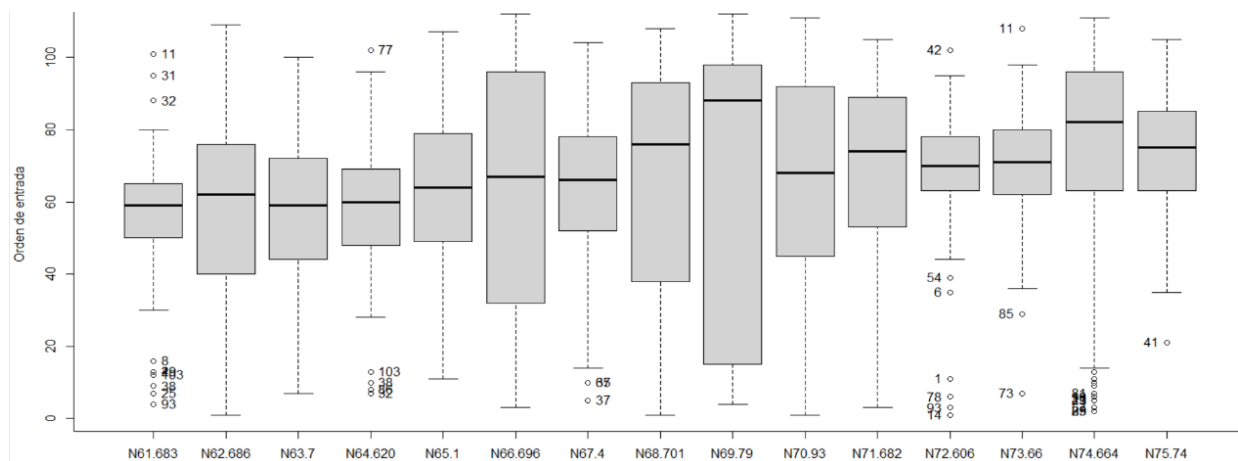


Figura 11: Diagrama de cajas donde se observa el orden de entrada y los “outliers” de algunas ovejas (n = 15) incluidas en el estudio.

Como puede observarse en el ejemplo de gráfica de dispersión, tanto en valores bajos como altos de orden de entrada, se observó una mayor estabilidad de orden en la sala de ordeño, mientras que las ovejas que entran en los grupos intermedios presentan una mayor amplitud de variación. Así los “outliers” sólo serían de utilidad en las ovejas con valores de orden de entrada estables.

La variación de los valores de la desviación estándar (SD) según el orden medio de entrada de las ovejas en la sala de ordeño se muestra en la **Figura 12**.

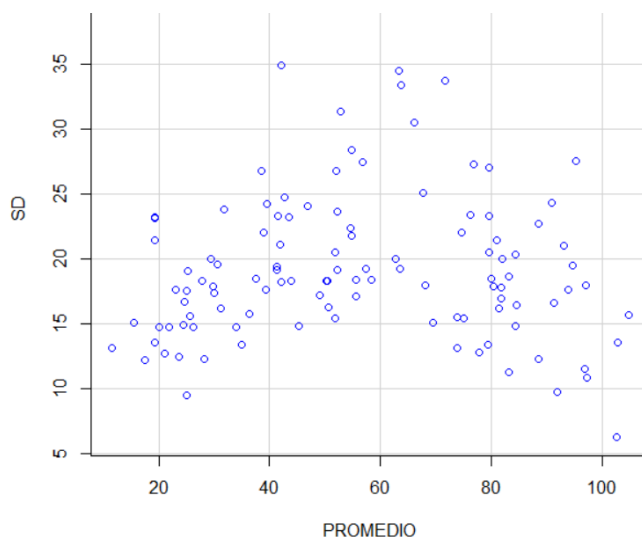


Figura 12: Evolución de la desviación estándar (SD, eje y) del orden de entrada medio en la sala de ordeño según de orden de entrada de las ovejas (eje x).

Por otro lado, el análisis de correlación segmentada (“splines”) permitió comprobar que la desviación estándar (SD) se relacionó de forma variable según los grupos de orden de entrada, aunque con diferencias entre los ordeños de la mañana y de la tarde.

Así, en ordeño de la mañana (**Figura 13A**) se observaron 3 nudos de orden de entrada: en el primer grupo (ovejas 1 a 41) su SD aumentó significativamente con el orden de entrada (pendiente, $b_1 = 0,338 \pm 0,119$), en el segundo grupo (ovejas 42 a 64) la relación fue aproximadamente nula y no significativa ($b_2 = 0,069 \pm 0,161$), mientras que en el tercer grupo (ovejas 65 a 112) la SD disminuyó de forma significativa ($b_3 = -0,303 \pm 0,071$).

En el caso del ordeño de la tarde (**Figura 13B**), el primer grupo de entrada de ovejas (ovejas 1-63) la SD aumentó significativamente con el orden de entrada (pendiente, $b_1 = 0,190 \pm 0,055$), mientras que en el segundo (ovejas 64-95) y tercer grupos (ovejas 96-112) las pendientes de la relación con la SD fueron negativas y significativas ($b_2 = -0,214 \pm 0,104$ y $b_3 = -0,605 \pm 0,798$; respectivamente).

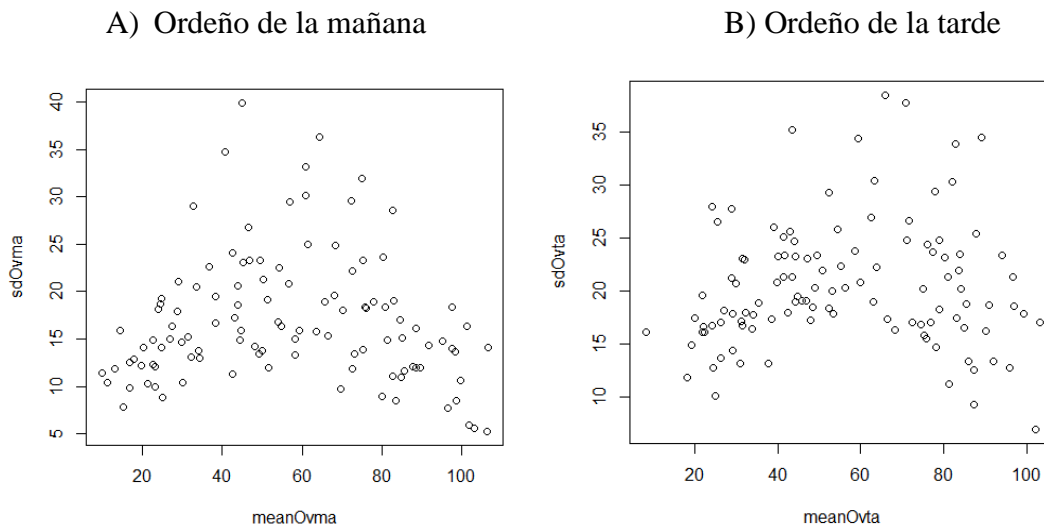


Figura 13: Evolución de la desviación estándar (SD, eje y) del orden de entrada medio en la sala de ordeño según de orden de entrada de las ovejas (eje x) en el ordeño de la mañana y de la tarde.

DISCUSIÓN

Eficiencia de lectura de los transpondedores

La eficiencia de los bolos ruminales, así como de los sensores es muy elevada, aunque todavía tiene un pequeño margen de mejora, la cantidad de errores detectados resulta más que aceptable. En otro estudio utilizando los mismos sensores (Nieddu y Caja, 2017) se contabilizaron entre un 4 y un 5% de errores de lectura, por lo que un 2% de errores en un periodo de dos meses es un resultado favorable que denota una mejora en el sistema de lectura del equipo.

Microorganismos hallados

De acuerdo con lo que se ha encontrado anteriormente en los rebaños de ovino lechero, los microorganismos más prevalentes son CNS y están presentes en la mayoría de las infecciones subclínicas del rebaño (Gonzalo et al., 2002). Las IMI causadas por estos microorganismos reducen claramente la producción de leche y causan cambios en su composición, lo cual influye directamente en las propiedades como alimento (Martí de Olives et al., 2020). Esto destaca la importancia de la realización de controles lecheros que determinen los animales del rebaño que están afectados y permite la aplicación de tratamientos, así como la organización de los ordeños para evitar que los animales infectados pasen los primeros a la sala de ordeño.

Resultados del control lechero

Las ovejas de la raza Lacaune son conocidas por su elevada producción lechera, alcanzando 400 L de media por lactación. Por otro lado, la raza Manchega, tiene una producción de más baja, de 180 L de media por lactación, pero una composición más elevada de grasa y proteína y un elevado rendimiento quesero (Pérez-Oguez et al., 1996). Debido a estas características, el precio final de la leche de la raza Manchega será superior, por lo que a pesar de obtener una producción menor ésta se verá recompensada económicamente por la calidad del producto.

Las razas menos productivas, y con mayor rusticidad como es el caso de la Manchega cuentan con una menor predisposición a padecer IMI, probablemente por mantener una mayor integridad del pezón (Gonzalo et al., 2010). Esto sería la clave para explicar porque el valor de SCC y la prevalencia de IMI fue significativamente inferior en la raza Manchega durante el estudio.

También se produjeron diferencias en el SCC según la edad del animal, tal y como se observó anteriormente en otros estudios (Lafi et al., 1998; Takano et al., 2018) donde las ovejas multíparas tuvieron un mayor recuento.

Por otro lado, se han encontrado diferencias en la composición de la leche a lo largo del estudio, observándose un aumento de la urea al final de la lactación. Dado que la urea se difunde a la leche a través del suero sanguíneo, es posible que el aumento en la leche se deba a la alimentación de los animales (Acosta et al., 2005) y el contenido en proteína bruta (Ríos et al., s.f) de la ración, que debe reducirse al final de la lactación adaptándose a las necesidades nutritivas del momento. La lactosa sin embargo, es uno de los componentes más estables y constante de la leche (Castillo, 2009), y ha mostrado pocas variaciones a lo largo del estudio. A pesar de las pequeñas oscilaciones, es uno de los pocos componentes que desciende durante la lactación (Buseti, 2015) aunque también lo hace cuando hay presencia de mamitis (Guijarro de la Cal, 2004).

Evolución SCC y IMI

Se han hallado diferencias en el SCC según el momento de la lactación, aumentando al final de ésta. Varios autores (Paape et al., 2007), han explicado el aumento de SCC a lo largo de la lactación a través de un efecto dilución, aun que también podría deberse a una mayor actividad de los factores quimiotácticos de los leucocitos polimorfonucleares neutrófilos, los cuales se encargan de transferir estas células de la sangre a la leche (Manlongat et al., 1998). A la vez que el SCC ha aumentado, también lo ha hecho la presencia de IMI, por lo que tal y como comentan otros autores (González-Rodríguez et al., 1995) queda demostrado una vez más, que el SCC es una buena herramienta para detectar animales mamíticos.

A pesar de que los valores obtenidos en este estudio denotan que el rebaño de la granja experimental de la UAB cuenta con unos valores de SCC promedio adecuados y dentro de la normalidad (MAPA, 2023), el valor de SCC obtenido al final de la lactación muestra que se deberá de implantar una terapia selectiva de secado, principalmente en aquellos animales con IMI. El número de animales infectados también se halla dentro de la normalidad, viendose afectados un número reducido de animales. Esto pone de manifiesto que la realización de

controles lecheros a lo largo del tiempo resulta efectiva para la instauración de un rebaño con una buena salud mamaria y para la competitividad de la explotación (Tejerina-Ampudia, 2020).

Autocuraciones y Nuevas infecciones

Este fenómeno destaca debido a que a pesar de que hay animales que se infectan por primera vez, hay otros que sin necesidad de ningún tratamiento farmacológico o modificación del manejo terminan por resolver esporádicamente la IMI. En pequeños rumiantes y específicamente en ovino, la autocuración suele ser especialmente elevada, tal y como reportan algunos autores en sus estudios, donde se ha visto que esto puede ocurrir entre un 20% y un 60% de veces (Paape et al., 2001; Contreras et al., 2003; Bergonier y Berthelot, 2003) al igual que ocurrió en nuestro estudio, donde este porcentaje asciendió a prácticamente el 22%.

Orden de entrada y parámetros productivos: Primer control lechero

Se han observado que la raza Lacaune entra significativamente más pronto a la sala de ordeño en comparación con las ovejas de raza Manchega. Dado que las ovejas de la raza francesa han sido muy seleccionadas genéticamente es probable que su carácter les confiera una capacidad para sentir menos temor a la hora de acceder a la sala de ordeño. Sin embargo, la oveja Manchega ha sido menos seleccionada y es más rústica, de modo que puede tratarse de animales más desconfiados y temerosos.

Como se ha visto anteriormente, la grasa y la proteína son componentes de la leche que aumentan conforme aumenta el número de entrada a la sala de ordeño. Esto puede deberse a las diferencias que existen en las diversas razas, ya que las ovejas de raza Manchega son las que entran últimas y también son las que tienen una mayor cantidad de componentes queseros en su leche.

Al contrario de lo observado en otros estudios (Macuhová et al., 2017), no se observó una relación entre el orden de entrada y la producción de leche, tampoco se halló relación con el valor de SCC. Donde sí se halló una correlación fue en el orden de entrada y la lactosa, que muestra que los animales de los últimos grupos tienen menor cantidad de lactosa en su leche. Esto podría indicar presencia de mamitis subclínicas en los animales que frecuentan los últimos grupos, dado que en los animales con IMI la lactosa muestra un claro descenso (Martí De Olives et al., 2013).

A partir de esta observación, se podría plantear la creación de un analizador de lactosa en línea que alerte al ganadero cuando una oveja ha sufrido un descenso significativo de este parámetro, teniendo en cuenta la raza o edad de los animales.

Otra de las correlaciones observadas fue la del orden de entrada con el número de partos, esto ya había sido descrito anteriormente por otros autores (Macuhová et al., 2017; Gorecki et al., 2008) que observaron este comportamiento en ganado caprino. Sin embargo, los resultados hallados han sido contrarios, dado que en sus estudios los animales de mayor edad eran los primeros en entrar a la sala de ordeño mientras que en nuestro ensayo las primeras en entrar han sido las ovejas más jóvenes. Así pues, queda clara la necesidad de seguir indagando e investigando en el tema, de forma que se pueda esclarecer cuales son los patrones de comportamiento de estos animales y las diferencias con especies semejantes.

Finalmente, se observó que los animales con mayor peso accedían más tarde a la sala de ordeño, probablemente debido a que los animales de mayor peso tienen más dificultades para acceder, dado que cuentan con una agilidad menor para pasar las puertas y entrar en las plazas de ordeño. Este dato también podría guardar una relación con la raza de los animales o con la edad de los mismos. La oveja Manchega fue más pesada que la Lacaune, en las condiciones de alimentación utilizadas, ya que al utilizarse una ración única y producir menos leche, su balance nutritivo fue más positivo. Por otro lado, las ovejas primíparas, que entraron más tempranamente a la sala de ordeño, también son los animales de menor peso, lo que podría explicar su capacidad de entrar a la sala con mayor facilidad y rapidez.

Este dato resulta sorprendente, ya que cabría esperar que las ovejas más jóvenes sean las más temerosas al tener menos experiencia, pero en el estudio se ha observado lo contrario. Probablemente esto ocurre porque en la granja experimental de la UAB se entrena a las corderas desde un mes antes de parir, conduciéndolas diariamente a la sala de ordeño para darles su ración de concentrado individual, de modo que aprenden que la entrada a la sala de ordeño tiene una recompensa positiva y pierden en miedo.

Orden de entrada y parámetros productivos: Segundo control lechero

Tal y como cabía esperar, la grasa y la proteína mantuvieron correlaciones semejantes a las obtenidas en el primer control lechero, así como también los efectos de la raza y el número de parto. En este último caso, las ovejas jóvenes tuvieron más tiempo para adaptarse a la rutina diaria de ordeño y no les resultó estresante. Por otro lado, el orden de entrada a la sala de ordeño no tuvo ningún efecto sobre la calidad de la leche, al igual que en otros estudios en ovino lechero (Macuhová et al., 2017).

En cuanto al cultivo bacteriano, a diferencia de lo obtenido en el primer control lechero, se observó una relación significativa de la detección de IMI y el orden de entrada. La relación con el SCC mostró una tendencia. Todo parece indicar que al final de la lactación las ovejas con peor estado sanitario en la ubre se retrasan en la entrada a la sala de ordeño.

En el caso de la lactosa, indicativo de alteraciones en el tejido glandular mamario y que se relacionó con el orden de entrada en el primer control, la correlación aumentó en el segundo control lechero. Esto podría indicar que al final de la lactación, tal como se ha mencionado anteriormente, existe una mayor presencia de microorganismos en la ubre y mastitis subclínicas, acumulándose un mayor número de ovejas con ubres infectadas.

Consistencia y repetibilidad del orden de entrada

Existe una estabilidad en las ovejas que conforman los grupos del principio y del final, también existen pruebas de que las ovejas que conforman los grupos del principio están más sanas en comparación con aquellas que forman parte de los últimos grupos. Se puede determinar que existe un orden de entrada consistente a lo largo del tiempo en este rebaño lechero.

Alarmas de cambio de orden

La creación de alarmas simples, capaces de detectar cambios en el orden de entrada de una oveja en la sala de ordeño por efecto de un proceso de IMI o alteración de su bienestar no parecen resultar factibles, ya que la correlación entre el orden de entrada y la prevalencia de IMI es baja. La situación donde estas alarmas tendrían más funcionalidad es al final de la lactación, ya que como se ha visto anteriormente, es el periodo donde se acumulan más las mastitis. Por otro lado,

en el rebaño utilizado no se produjeron mamitis clínicas, lo que impide concluir si en este caso pudiera ser más fácil la creación de alarmas.

Se plantea la posibilidad de crear unas alarmas basadas en la medición de la lactosa en línea, dado que este parámetro está correlacionado con la presencia de mamitis en ovino y una disminución brusca de este componente podría ser útil para detectar IMI.

CONCLUSIONES

Los errores de lectura que cometen los sensores instalados en la sala de ordeño son un número muy bajo, por lo que estas tecnologías parecen una buena forma de controlar el orden de entrada de los animales a la sala de ordeño de forma fiable. La prevalencia de infecciones subclínicas es causada principalmente por CNS y mediante este trabajo se enfatiza la necesidad de encontrar programas de control de la mamitis que realmente sean efectivos, ya que la calidad higiénica y de composición de la leche depende en gran medida de la presencia de IMI en el rebaño.

Existe una correlación significativa entre el orden de entrada y el número de partos y raza de la oveja. Los órdenes de entrada de la mañana y la tarde pueden tratarse como iguales, pues no difieren de forma estadística entre si a pesar de tener ciertas diferencias entre ellos. Además, durante el estudio se obtuvieron pruebas concluyentes que demostraban la existencia de un orden consistente cuando las ovejas entran a la sala de ordeño, principalmente en aquellos animales que ocupan los primeros y los últimos grupos.

Al final de la lactación es donde se acumulan más problemas y por lo tanto donde pueden ser detectados con más facilidad, esto explica porque al principio de la lactación es más complejo detectar los cambios de orden de entrada por IMI que al final.

Los cambios de orden son tan grandes, que no sirven para crear una alarma capaz de detectar cambios, quizá una opción más factible sea un analizador de lactosa en línea como alarma para detectar mamitis.

El análisis de datos sobre las condiciones ambientales que se dieron durante el periodo de estudio nos muestra que las ovejas permanecieron en la zona termo-neutra la mayor parte del tiempo, excepto en algunos momentos puntuales donde se encontraban sometidas a estrés por frío.

BIBLIOGRAFÍA

- Acero, P. (2015). La rutina de ordeño en el ganado ovino. *Tierras Ovino*. Vol. 10, pp. 6-12. Disponible en: https://img.interempresas.net/docs-oviespana/ovi010_1.pdf
- Acosta, Y.M., Delucchi, I., Olivera, M., Dieste, C. (2005). Urea en leche: Factores que la afectan. *Sitio Argentino de Producción Animal*. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/leche_subproductos/56-urea_en_leche.pdf
- Arias, R. (2009). Recuento de células somáticas y calidad de leche de la oveja en Castilla-La-Mancha. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Departamento de Ciencia y Tecnología Agroforestal, Universidad de Castilla-La-Mancha. Disponible en: http://pagina.jccm.es/agricul/cersyra/Tesis_Doctorales/2009_Ramon_Arias_Sanchez_Tesis_Doctoral.pdf
- Arroyo, J.A. (2019) Estudio clínico y etiológico de la mamitis crónica en ovejas de desecho. Trabajo Fin de Grado. Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/78507/files/TAZ-TFG-2019-168.pdf?version=1>
- Bauman, D. E., Mather, I. H., Wall, R. J., & Lock, A. L. (2006). Major advances associated with the biosynthesis of milk. *J. Dairy Sci* Vol. 89(4), pp. 1235-1243. DOI: 10.3168/jdsS0022-0302(06)72192-0.
- Bauman, D.E., McGuire, M.A., & Harvatine, K. J. (2011). Mammary Gland Milk Biosynthesis and secretion. *Animal Sci*. Vol. 3, pp. 352-358. Disponible en: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5731828/mod_resource/content/0/3-s2.0-B9780123744074002922-main.pdf
- Berckmans, D. (2008). Precision livestock farming (PLF). *Computers and Electronics in Agriculture*. Vol. 62 (1), pp. 1-1. DOI: 10.1016/j.compag.2007.09.002.
- Berckmans, D. (2014). Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems. *Rev Sci Tech*. Vol. 3 (1), pp. 189-96. DOI: 10.20506/rst.33.1.2273.

- Bergonier, D & Berthelot, X. (2003). New advances in epizootiology and control of ewe mastitis. *Livestock Prod. Sci.* Vol. 79 (1), pp. 1-16. DOI: 10.1016/S0301-6226(02)00145-8.
- Bergonier, D., Crémoux, R., Rupp, R., Lagriffoul, G., Berthelot, X. (2003). Mastitis of dairy small ruminants. *Vet. Res.* Vol. 34 (5), pp. 689-716. DOI: 10.1051/vetres:2003030
- Bocquier, F., Debus, N., A, Lurette., C, Maton., Viudes, G., Moulin, C.H., M, Jouven. (2014). Elevage de précision en systèmes d'élevage peu intensifiés. *INRA Productions.* Vol. 27, pp. 110-112. DOI: 27. 97-110. 10.20870/productions-animales.2014.27.2.3058.
- Broom, D. (1993). A usable definition of animal welfare. *The thinking horse.* pp. 66-75. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/301649893_A_usable_definition_of_animal_welfare
- Busetti, M. (2015). La calidad en la leche de oveja. *Sitio Argentino de Producción Animal.* pp. 206-214. Disponible: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ovina/produccion_ovina_leche/25-calidad.pdf
- Caja, G., Such, X., Rovai, M., Molina, M.P., Fernández, N., Torres, A., Gallego, L. (2002). Aptitud al ordeño mecánico y morfología mamaria en ovino lechero. *Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (SEOC).* Disponible en: <http://arcc.cat/p-ov02.pdf>
- Caja, G., Castro-Costa, A., Salama, A.A.K., Oliver, J., Baratta, M., Ferrer, C., Knight, C.H. Sensing solutions for improving the performance, health and wellbeing of small ruminants. (2020) *J. Dairy Res.* Vol. 87(1), pp. 34-46. DOI: 10.1017/S0022029920000667.
- Caja, G., Elhadi, Ali., Riaguas, L., Fantova, E., González, R., Such, X., Salama, Ahmed., Milán, M., Oliver, J., Ferrer, C. (2021). “Proyecto TechCare: Integración de tecnologías innovadoras para la gestión del bienestar de ovino y caprino a lo largo de su cadena de valor” *Tierras Ovino.* Vol. 35, pp. 80-86. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/355735102_Proyecto_TechCare_Integracion_de_tecnologias_innovadoras_para_la_gestion_del_bienestar_de_ovino_y_caprino_a_lo_largo_de_su_cadena_de_valor

- Castillo, V. (2008). *Evaluación de diferentes estrategias de ordeño en ovejas lecheras de raza Manchega y Lacaune: efectos de la disminución de la frecuencia de ordeño sobre la secreción y el almacenamiento de la leche en la ubre*. Tesis Doctoral. Departament de Ciència Animal i dels Aliments. Universitat Autònoma de Barcelona. Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5698/vcl1de1.pdf;jsessionid=46B65BF445AEC61294575F8D7155A5D1?sequence=1>
- Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. (2009). Claves para mejorar la bacteriología y el recuento de células somáticas de la leche del ganado ovino y caprino. Junta de Castilla y León. Disponible en: <https://agriculturaganaderia.jcyl.es/web/jcyl/AgriculturaGanaderia/es/Plantilla100Detalle/1284250170901/Publicacion/1284254097035/Redaccion>
- Contreras, A., Luengo, C., Sánchez, A., Corrales, J.C. (2003). The role of intramammary pathogens in dairy goats. *Livestock Prod. Sci.* Vol. 79 (2-3), pp. 273-283. DOI: 10.1016/S0301-6226(02)00172-0
- Contreras, A., Sierra, D., Sánchez, A., Corrales, J.C., Marco, J.C., Paape, M.J., Gonzalo, C. (2007). Mastitis in small ruminants. *Small Ruminant Res.* Vol. 68, 1–2, pp. 145-153. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2006.09.01
- Esnal de la Presa, A., Extramiana, A.B. (s.f). Caracterización etiológica de las mamitis clínicas y subclínicas en el ganado ovino lechero. *Analítica Veterinaria*. Disponible en: http://analiticaveterinaria.com/pdf/blog/Estudio_etiologico_%20mamitis_ovinas.pdf
- FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Statistics database. (2018). Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Fisher R.A. 1941. Statistical methods for research workers, 8th ed. Oliver and Boyd, Edinburgh.
- Franco, M.A. (2023). 25º Foro Nacional de Ovino: Claves para Revisar el Modelo de Producción. *Tierras Ovino*. Vol. 41. Pp. 10-11.

- Gilbert, M., Nicolas, G., Cinardi, G., Van Boeckel, T.P., Vanwambeke, S.O., William-Wint, R., Robinson, T.P. Global distribution data for cattle, buffaloes, horses, sheep, goats, pigs, chickens and ducks in 2010. (2018). *Sci. Data* 5. DOI:10.1038/sdata.2018.227
- González-Rodríguez, M.C., Gonzalo, C., San Primitivo, F., Cármenes, P. (1995). Relationship between somatic cell count and intramammary infection of the half udder in dairy ewes. *J. Dairy Sci.* Vol. 78 (12), pp. 2753-9. DOI: 10.3168/jds.s0022-0302(95)76906-5
- Gonzalo, C., Ariznabarreta, A., Carriedo J.A., San Primitivo, F. (2002). Mammary Pathogens and Their Relationship to Somatic Cell Count and Milk Yield Losses in Dairy Ewes. *J. Dairy Sci.* 85:1460-1467. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74214-8
- Gonzalo, C., Ariznabarrerta, A., Tardágila, J.A., Martínez, J.R., Linaje, B. (2010). Recuento celular; Control de mastitis en el ovino lechero. *Ganadería*. pp. 28-32. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Ganad%5CGanad_2010_68_28_32.pdf
- Gonzalo, A. (2013). Recuento celular y calidad higio-sanitaria de la leche: Factores de variación, sistemas de monitorización y relación con el manejo del rebaño. *Sociedad Española De Ovinotecnia y Caprinotecnia (SEOC)*, XV Congreso Internacional. pp. 88- 104. Disponible en: http://seoc.eu/wp-content/uploads/2016/06/39_jornadas_seoc.pdf
- Gonzalo, C., Linage, B., García-Jimeno, C., Juárez, M^a.T., de Garnica, M.L., Crespo, F.J. (2017). Mastitis en pequeños rumiantes. *Ganadería*. pp. 30-34. Disponible en: https://archivo.revistaganaderia.com/salud/sanidad-animal/mastitis-en-pequenos-rumiantes_9155_111_11409_0_1_in.html
- Górecki, M.T., Wójtowski, J. (2004). Stability of milking order in goat over a long period. *Archiv. Fur. Tierzucht*. Vol. 47 (2), pp: 203-208. DOI: 10.5194/aab-47-203-2004
- Górecki, M.T., Andrzejewska, I. (2008). Is order voluntarily entrance to milking parlour related to *Toxoplasma gondii* infection in sheep – A brief note. *Appl. Anim. Behav. Sci.* Vol. 110 (3), pp. 392-396. DOI: 10.1016/j.applanim.2007.05.006.

- Guijarro de la Cal. R. (2005). Control de mastitis en ganado ovino lechero. *Ganadería*. pp. 34-38. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Ganad%2FGanad_2004_28_34_38.pdf
- Hopser, H., Van Der Werf, J.T.N., Blokhuis, J. (1998). Side preference of dairy cows in the milking parlour and its effects on behaviour and heart rate during milking. *Appl. Anim. Behav. Sci.* Vol. 55, pp. 213-229. DOI: 10.1016/S0168-1591(97)00064-6
- Lafi, S.Q., al-Majali, A.M., Rousan, M.D., Alawneh, J.M. (1998). Epidemiological studies of clinical and subclinical ovine mastitis in Awassi sheep in northern Jordan. *Prev. Vet. Med.* Vol. 33(1-4), pp. 71-81. DOI: 10.1016/s0167-5877(97)00048-2
- Littooi, A., Butterworth, A. (2017). The influence of previous medical treatments on milking order in dairy cows. *Animal*. DOI: 10.1017/S1751731117001963
- Macuhová, L., Tancin, V., Macuhová, J., Uhrincat, M., Hasonová, L., Margetínová, J. (2017). Effect of Ewes Entry Order into Milking Parlour on Milkability and Milk Composition. *Czech. J. Anim. Sci.* Vol. 62 (9), pp. 392-402. DOI: 10.17221/11/2016-CJAS
- Manlongat, N., Yang, T.J., Hinckley, L., Bendel, R.B., Krider, H.M. (1988). Physiologic Chemoattractant Induced Migration of Polymorphonuclear Leukocytes in Milk. *Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology*. Vol. 5, pp. 375-381. DOI: 10.1128/CDLI.5.3.375-381.1998
- Manteca, X., Mainau, E., Temple, D. (2012). ¿Qué es el bienestar animal? FAWEC. *Ficha técnica sobre bienestar de animales de granja, 1*. Disponible en: https://www.fawec.org/media/com_lazy/pdf/pdf/fs1-es.pdf
- Margetínová, J., Broucek, J., Apolen, D., Mihina, S. (2003) Relationship between age, milk production and order of goats during automatic milking. *Czech. J. Anim. Sci.* Vol. 48 (6), pp. 257-264. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/242726190_Relationship_between_age_milk_production_and_order_of_goats_during_automatic_milking

- Martí De Olives, A., Peris, C., Molina, M.P. (2020). Effect of subclinical mastitis on the yield and cheese-making properties of ewe's milk. *Small Ruminant Res.* Vol. 184, 106044. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2019.106044
- Martín, L. (2018). Factores de manejo que influyen en la sanidad y calidad mamaria en ovino de leche. Trabajo Fin de Grado. Escola Tècnica Superior D'Enginyeria Agrària (ETSEA), Universitat de Lleida. Disponible en: <https://repositori.udl.cat/server/api/core/bitstreams/6b1b0119-3cb6-45f2-b9e5-dbe3663b3633/content>
- Martínez, R. (2023). 25º Foro Nacional de Ovino: Claves para Revisar el Modelo de Producción. *Tierras Ovino.* Vol. 41. Pp. 14-15.
- Menzies, P.I., Ramanoon, S.Z. (2001) Mastitis of sheep and goats. *Mastitis of Sheep and Goats. Vet. Clinics of North America: Food Animal Practice.* Vol. 17(2), pp. 333–358. DOI:10.1016/S0749-0720(15)30032-3
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (2023). Factores de riesgo y criterios para el uso de metafilaxia en el secado del ovino y caprino de leche. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/sanidad-animal-higiene-ganadera/documentometafilaxiaovinoycaprinodeleche_tcm30-653902.pdf
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (s.f). Raza ovina Lacaune. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo-razas/ovino/lacaune/datos_productivos.aspx
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (s.f). Raza ovina Manchega: Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo-razas/ovino/manchega/usos_sistema.aspx
- Mwenge-Kahinda, C.T. (2022). Mastitis in Small Ruminants. *IntechOpen.* DOI: 10.5772/intechopen.97585
- Nieddu, G., Caja, G. (2017). Eficiencia de identificación electrónica y recogida de datos de leche en un sistema automático para ovejas y cabras lecheras. AIDA XVII Jornadas sobre

Producción Animal. pp. 33-35. Disponible en: https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/jornadas/2017/comunicaciones/2017_SEGE_11.pdf

- Ojeda, E. (1982). Comportament de la brebis manchega en vue de la traite mécanique, Inra-Itovic (Eds.). 2ème Symposium International Sur la Traite Mécanique des petits ruminants, París (France), pp: 141-145.
- Paape, M.J., Poutrel, B., Contreras, A., Marco, J.C., Capuco, A.V. (2001). Milk Somatic Cells and Lactation in Small Ruminants. *J. Dairy Sci.* Vol. 84. Disponible en: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(01\)70223-8/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(01)70223-8/pdf)
- Paape, M.J., Wiggans, G.R., Bannerman, D.D., Thomas, D.L., Sanders, A.H., Contreras, A., Moroni, P., Miller, R.H. (2007). Monitoring goat and sheep milk somatic cell counts. *Small Ruminant Research*. Vol. 68 (1-2), pp. 114-125. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2006.09.014.
- Pérez-Oguez, L., Molina, E., Such, X., Gafó, Concepción., Caja, G. (1996). Comparación de la producción de leche y la ingestión de ovejas lecheras de raza Lacaune y manchega durante el periodo de ordeño. *XXI Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia*. Disponible de: <https://www.arcc.cat/p-ov04.pdf>
- Polikarpus, A., Grasso, F., Pacelli, C., Napolitano, F., De Rosa, G. (2014). Milking behaviour of buffalo cows: entrance order and side preference in the milking parlour. *J. Dairy Res.* Vol. 81, pp. 24-29. DOI: 10.1017/S0022029913000587
- Polikarpus, A., Kaart, T., Mootse, H., De Rosa, G., Arney, D. (2015). Influences of various factors on cows entrance order into the milking parlour. *Appl. Anim. Behav. Sci.* Vol. 166, pp. 20-24. DOI: 10.1016/j.applanim.2015.02.016
- Pulina, G., Bencini, R. (2004). Dairy Sheep Nutrition. Oxfordshire UK: CABI Publishing. ISBN 0 85199 681 7. Disponible en: <http://sherekashmir.informaticspublishing.com/535/1/9780851996813.pdf>
- Pulina, G., Milán, M.J., Lavín, M.P., Theodoridis, A., Morin, E., Capote, J., Thomas, D.L., Francesconi, A.H.D., Caja, G. (2018). Invited review: Current production trends, farm

- structures, and economics of the dairy sheep and goat sectors. *J. Dairy Sci.* Vol. 101, pp. 6715–6729. DOI:10.3168/jds.2017-14015
- R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible en: <https://www.R-project.org/>.
 - Rathore, A.K. (1982). Order of cow entry for milking and its relation-ship with milk yield and consistency of the order. *Appl. Anim. Ethol.* 8:45–52. DOI: 10.1016/0304-3762(82)90131-6
 - Reinhardt, V. (1973). Beiträge zur sozialen Rangordnung und Melkordnung bei Kühen. *Z. Tierpsych.* Vol. 32, pp. 281-292. DOI: 10.1111/j.1439-0310.1973.tb01106.x
 - Ríos, C., Marín, M.P., Quiros, C. (s.f). Determinación de Urea en Leche de Ovejas y su Relación con el Aporte Dietario de Proteína y Energía. *Punto Ganadero*. pp. 107-108. Disponible en: https://www.puntoganadero.cl/imagenes/upload/_5cc89fc978b2a.pdf
 - Rovai, M., Rusek, N., Caja, G., Saldo, J., Leitner, G. (2015). Effect of subclinical intramammary infection on milk quality in dairy sheep: I. Fresh-soft cheese produced from milk of uninfected and infected glands and from their blends. *Small Ruminant Research*. Vol. 125, pp. 127-136. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2015.02.019.
 - Smith, E.M., Willis, Z.N., Blakeley, M., Lovatt, F., Purdy, K.J., Green, L.E. (2015). Bacterial species and their associations with acute and chronic mastitis in suckler ewes. Vol. 98 (10), pp. 7025-7033. DOI: 10.3168/jds.2015-9702
 - Suárez, V. (2004). Mastitis en Ovejas. *Sitio Argentino de Producción Animal*. Sanidad, XXI, pp. 186-190. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ovina/produccion_ovina_leche/23-mastitis.pdf
 - Takano, P.V., André de Cezaro, V.A., Valentini, T., Kolling, L., Nogueira de Souza, F., Melville, A.M., Heinemann, M.B., Gasparotto, C., Cortez, A., Giacomini, S., Araújo, S., Garcia, M. (2018). Milk cellularity and intramammary infections in primiparous and multiparous Lacaune ewes during early lactation. *Small Ruminant Res.* Vol. 167, pp. 117-122. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2018.08.015

- Tejerina-Ampudia, F. (2020). Control del Rendimiento Lechero. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/5_presentacioncontrollechero13_02_20_tcm30-526453.pdf
- Torre, M.E. (2003). Tratamiento y control de mamitis ovina. *Mundo ganadero*. Disponible en: http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_mg/mg_2003_1_55_56_60.pdf
- Villagrà, A., Balasch, S., Peris, C., Torres, A., Fernández, N. (2007). Order of sheep entry into the milking parlour and its relationship with their milkability. *Appl. Anim. Behav. Sci.* Vol. 108 (1-2), pp. 58-67. DOI: 10.1016/j.applanim.2006.11.016
- Wasilewski, A. (1999). Demonstration and verification of a milking order in dairy sheep and its extent consistency. *Appl. Anim. Behav. Sci.* Vol. 64 (2), pp. 111-124. DOI: 10.1016/S0168-1591(99)00032-5
- Watson, D.J., Buswell, J.F. (1984). Modern aspects of sheep mastitis. *British Veterinary Journal*. Vol. 140 (6), pp. 529-534. DOI: 10.1016/0007-1935(84)90003-4