



Mejoras zootécnicas orientadas a la rentabilización de la utilización de corderos de razas lecheras en el mercado cárnico

Jesús P. Val-Aguasca^{1*}, Pablo Martín-Ramos¹, Esperanza Horcas², Jesús Yániz Pérez de Albéniz³, F. Javier García-Ramos¹

¹ Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural, EPS, Universidad de Zaragoza, Carretera de Cuarte, s/n, 22071 Huesca; 648857@unizar.es.

² Oviaragon S.c.l., Camino Cogullada (Mercazaragoza, Edif. Pastores) s/n, 50014 Zaragoza.

³ Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, EPS, Universidad de Zaragoza, Carretera de Cuarte, s/n, 22071 Huesca.

Resumen: Dada la difícil situación que está atravesando el sector ovino de carne, se hace necesaria la búsqueda de estrategias para mejorarla. Una posible solución sería introducir en el mercado cárnico corderos procedentes de ovejas lecheras, pero esta opción se ve afectada por una alta mortalidad durante la etapa de lactancia artificial. En el presente trabajo se estudia un nuevo sistema de explotación de corderos de razas lecheras que reduce dicha mortalidad y facilita su crecimiento hasta pesos elevados, sin engrasar. El trabajo se ha desarrollado en un cebadero de corderos, situado en Ejea de los Caballeros (Zaragoza), trabajando con 763 corderos, divididos en seis periodos, desde septiembre de 2016 a abril de 2017. Se han empleado tres sistemas de manejo diferentes (*slat* + placa calefactora, *slat* + lámpara infrarroja, y paja + lámpara infrarroja) y se ha evaluado el efecto de los parámetros ambientales del alojamiento ganadero sobre el desarrollo de los corderos en el periodo de lactancia artificial. Este proceso ha requerido una monitorización en continuo de los parámetros ambientales (temperatura, humedad relativa, CO₂ y NH₃) y un seguimiento de los parámetros productivos (peso de entrada de cada cordero, peso al cabo de 15 días y al cabo de un mes, ganancia media diaria, y bajas para cada tipo de manejo en cada periodo). También se han ensayado tres tipos de lacto-reemplazantes con diferentes composiciones al objeto de evaluar su efecto. Los resultados obtenidos sugieren que el sistema de manejo basado en suelo de paja con calefacción con lámpara infrarroja es la opción más deseable, tanto desde un punto de vista ambiental como por su influencia positiva en los factores productivos. Del estudio de la relación del peso de entrada con las bajas, se ha obtenido una curva de predicción de las mismas, de utilidad para la determinación del precio máximo a pagar por cordero en función de su peso de entrada que garantice la rentabilidad del proceso.

Palabras clave: Assaf; calefacción; cebadero; control ambiental; ovino; *slat*

1. Introducción

El sector productor de ovino de carne español atraviesa una profunda crisis, que se ha visto agravada por descensos del precio y del consumo de la carne de cordero: según el MAPA, se ha pasado de un consumo per cápita de 2,67 kg en 2006 a 1,62 kg en 2015. Esta situación ha provocado una disminución tanto del censo (se ha pasado de 12.708.383 cabezas en 2006 a 8.243.484 en 2015, según EUROSTAT) como de las explotaciones de ovino (se ha pasado de 122.694 explotaciones en 2007 a 116.296 explotaciones en 2016, según el Registro del Sistema Integral de Trazabilidad Animal (SITRAN)).

Una posible solución para mejorar esta situación sería introducir en el mercado cárnico corderos procedentes de ovejas lecheras. En el sector de ovino de leche, se realiza un destete temprano (0-2 días) [1] a base de lacto-reemplazantes o alimentos sólidos [2]. Este destete artificial lleva aparejado un porcentaje elevado de mortalidad, porque afecta negativamente a la función inmune [3,4] y al crecimiento de los corderos [5].

Los índices productivos, al igual que el bienestar animal, están directamente relacionados con las condiciones ambientales de los alojamientos ganaderos. Los principales parámetros a tener en cuenta en un alojamiento de ganado ovino son la concentración de gases nocivos (NH_3 y CO_2), la temperatura (T^a), la humedad ambiental y la densidad ganadera [6].

El NH_3 , producido por emisiones de excretas sobre el estiércol, tiene un efecto negativo sobre la ingesta de alimento y conlleva disminuciones en la ganancia de peso corporal [7], por lo que no deben superarse las 10-15 ppm [8]. Concentraciones altas de CO_2 , producido por la respiración de los animales y la descomposición del estiércol, provocan una disminución en el rendimiento de los animales, siendo recomendables valores <3500 ppm [8].

En relación con la temperatura, la zona de neutralidad térmica en corderos está establecida en 15-20 °C en la primera fase y 10-18 °C en la segunda fase [9]. Las temperaturas altas afectan negativamente al crecimiento de los corderos, haciendo que los animales dediquen menos tiempo a la alimentación y pasen más tiempo de inactividad [10], mientras que las bajas temperaturas afectan al crecimiento del cordero en cuanto dan lugar a un descenso de la temperatura corporal y a un aumento del estrés térmico [11]. Por otra parte, la temperatura está correlacionada con la emisión de NH_3 : en pisos de hormigón, las emisiones de NH_3 aumentan significativamente para ganado lechero cuando la temperatura aumenta de 5 a 35 °C [12].

Con respecto a la humedad relativa (HR), en ocasiones se valora junto con la temperatura en un único parámetro, el denominado índice de temperatura-humedad (ITH), que mide el confort térmico y evalúa el riesgo de estrés por calor sobre la producción y la mortalidad. Se recomiendan valores de humedad relativa del 65-75% [8] y de $\text{ITH} < 72$ [13]. En un ensayo de Bello, *et al.* [14], en que se analizó la relación entre parámetros ambientales y la mortalidad de corderos en un cebadero comercial, se observó que en invierno, la humedad fue el parámetro ambiental más correlacionado con la mortalidad, mientras que en verano la mortalidad estuvo relacionada con la temperatura, el punto de rocío y ITH.

En cuanto a la densidad ganadera, Bello, *et al.* [14] analizaron el efecto de la densidad ($<0,4$ $\text{m}^2/\text{cordero}$ y $>0,4$ $\text{m}^2/\text{cordero}$) sobre la muerte de corderos durante el invierno, observando un 85% más de bajas en los días en que la densidad de animales fue mayor. Para corderos de 15-25 kg se recomienda 0,6 m^2/cabeza , siendo 1 m^2/cabeza la opción preferible para corderos de 25-40 kg [15].

Los parámetros anteriores se pueden controlar a través de la ventilación [16], siendo los caudales de ventilación necesarios variables en función de la época del año, la limpieza de la explotación y el número de animales [8].

Otro aspecto a tener en cuenta es que, a diferencia de otros animales, los corderos no tienen una zona específica para efectuar las deyecciones, por lo que, en un alojamiento ovino, los corderos descansan en la misma zona en que defecan y orinan. Esto favorece la utilización de materiales absorbentes como la paja en solera [17]. Teixeira, *et al.* [18] utilizaron otros materiales como serrín o cáscara de arroz en el suelo, sin obtener diferencias en el rendimiento de los corderos. Muñoz-Osorio, *et al.* [19] compararon un sistema de *slat* de plástico o metal con un suelo de hormigón para engorde de corderos machos en intensivo, registrando mayores rendimientos productivos cuando se empleó el *slat*, si bien con una fuerte dependencia de otros factores (alimentación, condiciones climáticas, etc.).

En el presente estudio también se han comparado distintos sistemas de explotación de corderos, con la particularidad de que se ha trabajado con corderos de razas lecheras separados de las madres en el nacimiento. A través del uso de distintos tipos de suelo y calefacción, y del ensayo de distintos tipos de lacto-reemplazantes, se ha analizado qué sistema es más favorable en términos de reducción de la mortalidad de los corderos durante la lactancia artificial y para su crecimiento hasta pesos elevados, sin engrasar.

2. Material y métodos

2.1. Localización

El estudio se llevó a cabo en un cebadero de corderos localizado en el T.M. de Ejea de los Caballeros (Zaragoza). La nave quedó distribuida en 5 corrales o cuadras, que se diferenciaban en el tipo de suelo (*slat* de plástico o cama de paja) y en los sistemas de calefacción instalados (lámparas infrarrojas o placas calefactoras).

2.2. Material animal

Para el estudio se emplearon 763 corderos machos de la raza lechera Assaf, procedentes de una explotación situada en Artajona (Navarra), distribuidos en 6 periodos: 07/09/2016-05/10/2016, 05/10/2016-08/11/2016, 11/11/2016-30/11/2016, 09/12/2016-03/01/2017, 01/03/2017-29/03/2017, y 29/03/2017-26/04/2017. En la explotación de origen, los corderos se seleccionaron sin aplicar ningún tipo de filtrado respecto al peso o edad del animal. Tras su transporte a la nave en que se realizaron los ensayos, se suministraron vitaminas por vía intramuscular y se determinaron los pesos de entrada. Los corderos se distribuyeron aleatoriamente en los corrales, formando lotes.

2.3. Sistemas de alojamiento

En relación con el tipo de suelo, en dos de los corrales se instaló *slat* de plástico, es decir, planchas de polipropileno de gran resistencia, durabilidad y flexibilidad (Figura 1). Las placas instaladas fueron del tipo “*wean-to-finish*”, con rendijas de 1 cm de anchura para la evacuación de las deyecciones. En los otros tres corrales se empleó cama de paja, añadiéndose paja y bentonita con periodicidad diaria, y realizándose la limpieza del corral cada 2 semanas.

En cuanto a los sistemas de calefacción, se ensayaron lámparas infrarrojas (IR) de 175 W y placas calefactoras de 150 W, equipadas con un regulador de potencia HF20C/230V e interruptor de 16 A.



Figura 1. Corrales con *slat* de plástico (*izquierda*) y con cama de paja (*derecha*).

2.4. Evaluación de los parámetros ambientales

Se monitorizaron de forma continua (cada 10 min) la temperatura, la humedad relativa (HR), el CO₂ y el NH₃. Para la medición de la temperatura y humedad relativa se emplearon sondas *datalogger* HOBO pro v2 Ext Temp/RH, instalando 4 sondas en el interior de la nave y 2 sondas en el exterior. La medición de los niveles de CO₂ se realizó mediante un detector de gases puntual infrarrojo antideflagrante, modelo Dräger PIR 7200, y, en el caso del NH₃, se utilizó un sensor electroquímico Dräger Sensor NH₃ LC - 68 09 680 y el módulo Dräger Polytron 7000. Se instaló una sonda de CO₂ y una sonda de NH₃ en cada tipo de suelo, conectándolas a una unidad de control Dräger QuadGard.

2.5. Alimentación

Se ensayaron tres tipos de lacto-reemplazantes (LR) de forma secuencial (LR1 en los periodos 1 y 2, LR2 en los periodos 3 y 4, y LR3 en los periodos 5 y 6), empleando nodrizas amamantadoras automáticas para su distribución. LR1 correspondió a un lacto-reemplazante básico (control), con la siguiente composición química: 47,9 g proteína bruta/kg, 45,1 g grasa/kg, 2,3 g fibra neutro detergente/kg y 12,9 g cenizas/kg. LR2 y LR3 presentaron una composición química semejante a la de LR1, con 63% de componentes lácteos, con y sin prebióticos, respectivamente. Adicionalmente, se suministró harina de iniciación, con aditivos contra la diarrea (D3) y la boquera (B1), y –en los primeros días tras su llegada– se añadió rehidratante en el agua.

2.6. Recogida de datos zootécnicos

Se estudió la evolución del peso de los corderos con tres pesajes durante el mes de lactación: a la llegada, donde se anotaba su número de identificación (crotal); a los 15 días; y tras un mes de lactación, antes de realizar el destete (dependiendo del peso de los animales). Asimismo, se registró la mortalidad de los animales a través del número de identificación, el corral al que pertenecían y el día de la muerte.

2.7. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el *software* SPSS v. 22 (IBM Inc., Chicago, IL, EE.UU.). Se analizó: (i) el efecto de los tres tipos de manejo sobre las condiciones ambientales; (ii) el efecto de la época del año sobre las condiciones ambientales; (iii) el efecto del manejo, condiciones ambientales y lacto-reemplazantes sobre las variables productivas; y (iv) el efecto de la relación peso de entrada del cordero *vs.* supervivencia. En los tres primeros se utilizó análisis de varianza (ANOVA), y en el cuarto se emplearon tablas de contingencia.

3. Resultados y discusión

3.1. Efecto del manejo sobre las condiciones ambientales

Se apreciaron diferencias estadísticamente significativas para todos los parámetros ambientales en función del tipo de manejo (Tabla 1).

La concentración de CO₂ fue significativamente menor para el sistema con *slat* que cuando se empleó suelo de paja mientras que el NH₃ resultó significativamente mayor en *slat* que para cama de paja. El resultado relativo a CO₂ coincide con observaciones obtenidas por otros autores, pero no así los valores obtenidos para el NH₃: por ejemplo, Philippe, *et al.* [20], al comparar un sistema de *slat* total frente a cama de paja en porcino, obtuvieron unas emisiones medias diarias por cerdo de engorde alojado bajo *slat* o bajo cama de paja de 548 y 406 g de CO₂ equivalente; 1,61 y 1,77 kg de CO₂, y de 4,98 y 13,31 g NH₃; respectivamente. Esta desviación respecto a los resultados referidos en la bibliografía puede atribuirse a singularidades de la instalación en la que se realizaron las pruebas: al tratarse de una nave antigua, el emparrillado no se construyó realmente sobre una fosa colectora con la pendiente adecuada para la evacuación de las deyecciones. Para evitar este efecto, se empleó paja sobre la solera del suelo, debajo del emparrillado. Esto supuso que la cama sucia no se limpió durante el periodo de cría de cada lote, con una acumulación de las deyecciones que habría dado lugar al aumento de la concentración de NH₃.

Respecto a la temperatura interior, el sistema *slat* + lámpara IR fue el que permitió alcanzar las temperaturas más altas, seguido por el sistema con cama de paja + lámpara IR y, finalmente, por el sistema *slat* + placa calefactora. Es preciso indicar que las diferencias entre los dos sistemas con lámpara fueron pequeñas. A la vista de las temperaturas alcanzadas con cada sistema de calefacción, el uso de lámparas IR parece ser más efectivo.

Respecto a la humedad relativa, el sistema paja + lámpara IR fue el que llevó asociados valores de HR más bajos. Por otra parte, en los sistemas con *slat*, se apreciaron diferencias en función del tipo de calefacción: la HR fue menor cuando se empleó lámpara IR que cuando se empleó la placa calefactora. Estos resultados de nuevo difieren de la bibliografía: por ejemplo, Seedorf, *et al.* [21] obtuvieron peores resultados con sistemas con cama de paja (*litter*) que con sistema emparrillado. De nuevo, esto puede atribuirse al hecho de no haber empleado un sistema *slat* habitual.

Respecto al ITH (calculado empleando la fórmula de Thom [22]), que indica el estrés térmico del animal causado por los efectos combinados de la temperatura y la humedad del aire, también se observaron diferencias significativas entre sistemas de manejo. No obstante, conforme a los rangos propuestos por Santolaria, *et al.* [13] para ovejas de raza aragonesa, los valores obtenidos (en el rango 61,6-63,2) fueron inferiores a 72 en todos los casos, excluyendo así la existencia de estrés térmico para los corderos.

Tabla 1. ANOVA de los parámetros ambientales en función del sistema de manejo. Para cada variable ambiental, los valores etiquetados con distintas letras minúsculas son estadísticamente diferentes según el test de Tukey ($p < 0,05$).

Variable	Tipo de manejo			ANOVA	
	Paja + lámpara IR	<i>Slat</i> + placa	<i>Slat</i> + lámpara IR	F	p
T ^a (°C)	17,85±4,98 b	17,07±5,33 c	18,03±5,04 a	169,9	0,000
HR (%)	72,17±11,94 c	79,96±13,34 a	77,32±11,09 b	1863,6	0,000
CO ₂ (ppm)	1015,96±152,59	737,97±155,82	-	294,1	0,000
NH ₃ (ppm)	0,05±0,02	0,07±0,03	-	99,8	0,000
ITH	62,79±7,18 b	61,63±8,04 c	63,21±7,50 a	200,4	0,000

T^a: temperatura; HR: humedad relativa; ITH: índice de temperatura-humedad

3.2. Efecto de la época del año sobre las condiciones ambientales

A través de un análisis factorial (no mostrado), se pudo apreciar cómo las variables ambientales dependieron fuertemente del periodo estacional, mientras que las concentraciones de CO₂ y NH₃ dependieron (más débilmente) del tipo de suelo. En relación con las primeras, se apreciaron diferencias estacionales muy significativas, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Influencia de la época del año sobre las variables ambientales en el alojamiento de los corderos. Para cada variable ambiental, los valores etiquetados con distintas letras minúsculas son estadísticamente diferentes según el test de Tukey ($p < 0,05$).

Variable	Periodo						ANOVA	
	1	2	3	4	5	6	F	p
T ^a (°C)	22,49±3,50 a	18,02±3,13 c	13,46±2,20 e	12,14±2,02 f	16,27±2,99 d	18,70±3,32 b	21104,0	0,000
HR (%)	66,87±8,65 f	76,30±10,22 d	82,34±7,58 b	89,76±10,57 a	77,58±7,82 c	68,44±9,87 e	10941,9	0,000
ITH	69,61±4,51 a	63,47±4,81 c	56,31±3,64 e	54,07±3,45 f	60,75±4,57 d	64,10±6,82 b	22350,7	0,000

T^a: temperatura; HR: humedad relativa; ITH: índice de temperatura-humedad

En la Figura 2 se recoge la evolución de las temperaturas, humedades interiores e ITH para cada tipo de suelo en función del tiempo, evidenciando la magnitud de los cambios de un periodo a otro. Se puede inferir que los sistemas de calefacción ensayados tendrían fuertes limitaciones de cara al control ambiental del alojamiento ganadero a nivel global del habitáculo, y que su impacto se vería limitado a una zona localizada cercana a los emisores de calefacción. No obstante, toda vez que no hubo estrés térmico, cumplirían una función útil.

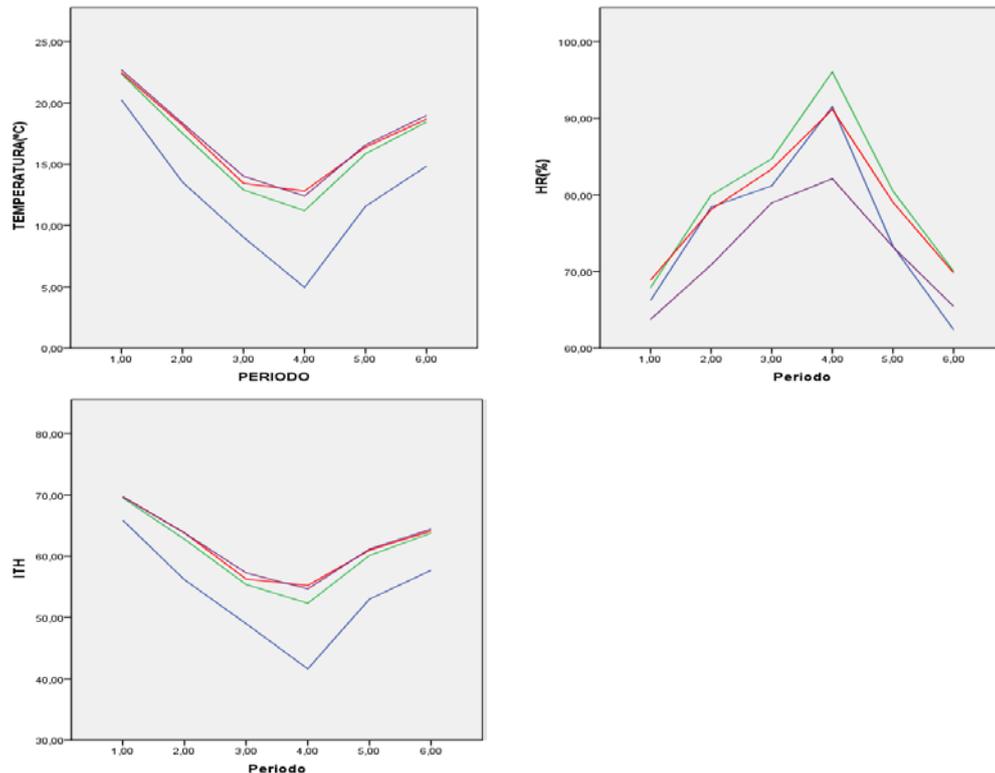


Figura 2. Evolución temporal de las condiciones ambientales exteriores (en azul) y de las condiciones ambientales interiores para los tres sistemas de manejo (*slat* + placa en verde, *slat* + lámpara IR en rojo y paja + lámpara IR en morado). HR: humedad relativa; ITH: índice de temperatura-humedad.

3.3. Efecto conjunto del manejo, condiciones ambientales y lacto-reemplazantes sobre las variables productivas

3.3.1. Efecto del periodo estacional sobre el peso de entrada, GMD y porcentaje de bajas

Los pesos iniciales fueron muy similares en los distintos periodos (con valores medios en el rango 4,70-4,77 kg, Tabla 3), excepto para el periodo 1, en el que los pesos de entrada fueron ligeramente más bajos (con valor medio de 4,4 kg). Los pesos de entrada más altos correspondieron al periodo 2. Con respecto a la ganancia media diaria (GMD), los valores fueron similares para todos los periodos, si bien la mayor GMD correspondió al periodo 3. En lo que respecta al porcentaje de bajas, no se observaron diferencias significativas desde un punto de vista estadístico, con valores generalmente dentro del intervalo 10-30%, a excepción de en el periodo 1, en el que el porcentaje de bajas fue notablemente más alto. Cabe destacar que, en el periodo 1, en que se registraron los pesos de entrada más bajos, también se obtuvo el porcentaje más alto de bajas.

Tabla 3. Influencia del periodo estacional sobre el peso de entrada, ganancia media diaria (GMD) y porcentaje de bajas.

Variable	Periodo						ANOVA	
	1	2	3	4	5	6	F	p
Peso inicial (kg)	4,41±0,95	4,77±1,12	4,73±1,02	4,73±1,09	4,70±0,80	4,74±1,00	2,9	0,012
GMD (kg/día)	0,21±0,08	0,21±0,08	0,23±0,09	0,22±0,08	0,20±0,08	0,20±0,08	2,4	0,033
Bajas (%)	33,33	17,30	20,77	15,00	14,96	13,15		

3.3.2. Análisis del efecto de los lacto-reemplazantes sobre la GMD

En base a los resultados presentados en la Tabla 3, y habida cuenta de que el lacto-reemplazante 1 se empleó en los periodos 1 y 2, que el lacto-reemplazante 2 se empleó en los periodos 3 y 4, y que el lacto-reemplazante 3 se empleó en los periodos 5 y 6, se podría inferir que el lacto-reemplazante 2 (con prebióticos) sería la opción más deseable, al conducir a GMDs ligeramente más altas. No obstante, es preciso tener en cuenta que los periodos 3 y 4 fueron también los que tuvieron menores valores del ITH (es decir, menor estrés), por lo que la influencia del lacto-reemplazante no fue concluyente.

3.3.3. Efecto del sistema de manejo sobre el peso de entrada, GMD y porcentaje de bajas

Se observó una diferencia significativa en el peso inicial (Tabla 4), con pesos más bajos para el sistema de *slat* + placa calefactora que para los otros dos sistemas de manejo, pero esta diferencia debería ser atribuida al bajo peso para los corderos criados en este sistema durante el periodo 1. En el resto de los periodos los valores fueron similares.

Con respecto a la GMD, no fue consistente a lo largo de los seis periodos de estudio, pero globalmente el sistema de manejo con paja + lámpara IR (con una ganancia de 0,22 kg PV/día) resulta el más ventajoso. No obstante, el valor obtenido fue más bajo que en un estudio similar realizado en un cebadero intensivo de corderos, en el que se obtuvieron valores de GMD de 0,27 kg PV/día [8]. El valor de la GMD puede verse afectado por el peso inicial del cordero, pero en nuestro estudio -como se ha comentado anteriormente- no existían diferencias significativas entre el suelo de paja + lámpara IR y el suelo de *slat* + lámpara IR. Por lo tanto, no hay tal efecto confundente del peso de partida, y se puede afirmar que la paja + lámpara IR es el sistema más ventajoso. En un estudio realizado por Muñoz-Osorio, *et al.* [19], se obtuvo una GMD mayor en suelo de *slat* (comparado con suelo de hormigón), atribuyendo estos resultados al menor contacto de los animales con posibles patógenos y bacterias en este tipo de suelo. Nuestro resultado no es directamente extrapolable, puesto que en estos estudios no se incluía el suelo de paja y el *slat* tiene unas limitaciones, ya explicadas anteriormente.

Con respecto al porcentaje de bajas, ha resultado ser notablemente menor para el sistema de manejo basado en paja + lámpara IR, si bien las diferencias no han sido estrictamente significativas desde el punto de vista estadístico. Podría plantearse que fuera consecuencia del peso de entrada, pero -como se ha analizado anteriormente- fue muy similar para los sistemas de paja + lámpara IR y *slat* + lámpara IR (y algo más bajo para el sistema de *slat* + placa). Por tanto, para un peso de entrada medio muy similar, el porcentaje de bajas fue menor para un suelo de paja que para uno de *slat* (con el mismo sistema de calefacción).

Tabla 4. Efecto del sistema de manejo sobre el peso de entrada, ganancia media diaria (GMD) y porcentaje de bajas. Para cada variable zootécnica, los valores etiquetados con distintas letras minúsculas son estadísticamente diferentes según el test de Tukey ($p < 0,05$).

Variable	Tipo de manejo			ANOVA	
	Paja + lámpara IR	Slat + placa	Slat + lámpara IR	F	p
Peso inicial (kg)	4,73±1,00 a	4,33±1,01 b	4,70±0,98 a	8,24	0,000
GMD (kg/día)	0,22±0,09	0,19±0,08	0,21±0,08	2,2	0,122
Bajas (%)	12,60	28,75	20,80		

3.4. Análisis de la relación del peso de entrada con la mortalidad

Como era de esperar, el peso de entrada influyó significativamente en la mortalidad de los corderos (Tabla 5), con un $\chi^2 < 0,001$. Para un peso de entrada > 5 kg, el porcentaje de mortalidad fue de un 8%, frente a un 22% para 4-5 kg, un 28% para 3,5-4 kg, y un 38% para $< 3,5$ kg.

Si se agrupan las bajas producidas durante los 6 periodos de estudio (154 bajas) en dos categorías: 1 (bajas producidas en los primeros 15 días) y 2 (bajas producidas en los días 15-30), se puede apreciar que un 73% (113 bajas) se produjeron en los primeros días tras la llegada. Dichas bajas en los primeros días no serían atribuibles al manejo de la explotación, y estarían asociadas a una serie de factores como el estrés del transporte, bajas defensas del animal por un deficiente encalostrado... En un estudio de Minka, *et al.* [23], los autores concluyeron que el estrés de transporte en animales es un problema clave para el ciclo de vida productivo del animal, si bien la total eliminación de los factores de estrés del transporte en la producción ganadera sería imposible.

Tabla 5. Influencia del peso de entrada en la mortalidad durante todo el periodo (un mes).

Variable	Baja	
	1 (muerte)	2 (vivo)
Peso de entrada (kg)	4,15±0,81	4,79±1,02

Por otra parte, si se analiza en más detalle la influencia del peso de entrada con el momento del periodo en que se producen las bajas (Tabla 6), se observa que el peso medio de entrada de los corderos muertos en los primeros 15 días fue de 4,05 kg, mientras que los del segundo periodo presentaron pesos medios mayores (4,42 kg). En la tabla de contingencia (no mostrada), se observa una reducción del 20% de las bajas en el primer periodo (de un 80% a un 60%) para pesos superiores a 4,4 kg, con un $\chi^2 = 0,04$.

Tabla 6. Periodo de baja de los corderos en función de su peso de entrada.

Variable	Periodo de baja	
	1 (1-15 días)	2 (15-30 días)
Peso de entrada (kg)	4,05±0,77	4,42±0,86

Lo anterior sugiere que sería interesante estimar el peso mínimo de entrada que garantizaría la supervivencia de los animales y, por lo tanto, la viabilidad del proceso de engorde. A partir de la curva ROC (Figura 3, izquierda), se estimó un peso de 4,4 kg como umbral para la supervivencia del animal, con un área bajo la curva (AUC) de 0,604. Por otra parte, recurriendo a una regresión logística binaria, se obtuvo la probabilidad de supervivencia en función del peso de entrada (Figura 3, derecha). Con el modelo propuesto, se clasificarían correctamente un 79,7% del total de casos, y sólo un 1,3% de los muertos se clasificaron como vivos.

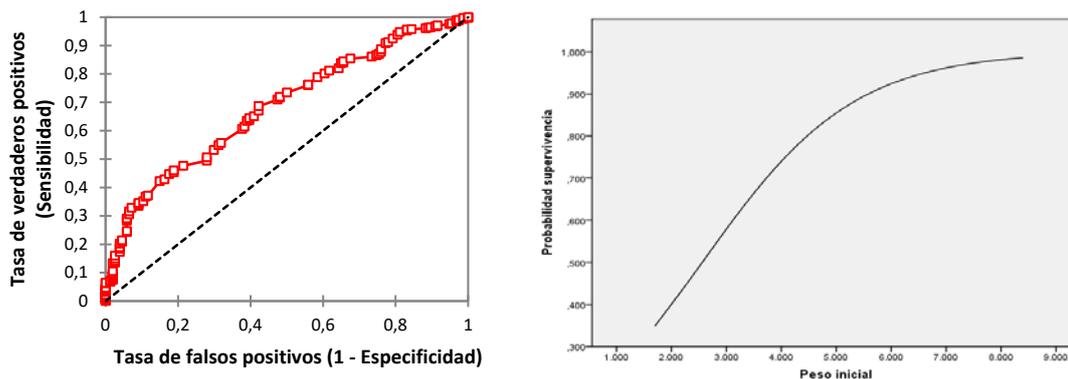


Figura 3. Curva ROC (izquierda), función de probabilidad de supervivencia del cordero en función del peso de entrada (derecha).

4. Conclusiones

En relación con la influencia del sistema de manejo sobre las condiciones del alojamiento, los dos sistemas de calefacción ensayados (lámpara IR y placa calefactora) lograron un adecuado confort en la zona localizada del cordero. La humedad relativa fue menor en el sistema de manejo basado en suelo de paja que con el suelo en emparrillado. Las concentraciones de gases nocivos fueron muy bajas en todos los casos. Respecto a los parámetros productivos, la GMD dependió fundamentalmente del sistema de manejo, siendo superior en el sistema paja + lámpara IR. El porcentaje de bajas más bajo se consiguió también para el sistema de manejo con suelo paja con calefacción por lámpara IR. Se puede, pues, establecer que el sistema de manejo con suelo de paja y lámpara IR sería la opción más deseable para su implantación en otros cebaderos con características similares al estudiado. A lo anterior hay que sumarle la ventaja adicional del menor coste de instalación frente al sistema de suelo emparrillado.

Por otra parte, se detectó una fuerte influencia del peso de entrada sobre el porcentaje de bajas, de forma que los corderos que entraron con pesos bajos (peso medio <4,1 kg) murieron prematuramente. La mayoría de las bajas (un 73% del total) se produjeron en los primeros días tras la llegada. Al depender la viabilidad y rentabilidad del proceso fundamentalmente de dicho peso de entrada de los corderos, una contribución clave del estudio ha sido la obtención de una curva de predicción que permite pronosticar el porcentaje de bajas en función del peso de entrada con una tasa de acierto del 80%.

Referencias

1. Napolitano, F.; De Rosa, G.; Sevi, A. Welfare implications of artificial rearing and early weaning in sheep. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **2008**, *110*, 58-72.
2. Weary, D.M.; Jasper, J.; Hötzel, M.J. Understanding weaning distress. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **2008**, *110*, 24-41.
3. Lynch, E.M.; Earley, B.; McGee, M.; Doyle, S. Characterisation of physiological and immunological responses in beef cows to abrupt weaning and subsequent housing. *BMC Veterinary Research* **2010**, *6*, 37.
4. Ungerfeld, R.; Hotzel, M.J.; Scarsi, A.; Quintans, G. Behavioral and physiological changes in early-weaned multiparous and primiparous beef cows. *Animal* **2011**, *5*, 1270-1275.
5. Langlands, J.P.; Donald, G.E. The intakes and growth rates of grazing border Leicester × Merino lambs weaned at 21, 49 and 77 days. *Animal Science* **1975**, *21*, 175-181.
6. Caroprese, M. Sheep housing and welfare. *Small Ruminant Research* **2008**, *76*, 21-25.
7. Phillips, C.J.; Pines, M.K.; Latter, M.; Muller, T.; Petherick, J.C.; Norman, S.T.; Gaughan, J.B. Physiological and behavioral responses of sheep to gaseous ammonia. *J. Anim. Sci.* **2012**, *90*, 1562-1569.
8. García-Ramos, F.J.; Lahera, L.M.; Horcas, E. Condiciones ambientales en cebaderos de corderos. *Mundo Ganadero* **2007**, (201), 238-243.

X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA
X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA

3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España

9. Buxadé Carbó, C. *Ovino de carne: aspectos claves* Ediciones Mundi-Prensa: Spain, 1998; p 550.
10. De, K.; Kumar, D.; Saxena, V.K.; Naqvi, S.M. Study of circadian rhythmicity of physiological response and skin temperature of sheep during summer and winter in semi-arid tropical environment. *Physiol. Behav.* **2017**, *169*, 16-21.
11. Johns, M. Rearing orphan lambs. Farmnote 78/99. *Animal Research and Development Services* **2006**.
12. Pereira, J.; Misselbrook, T.H.; Chadwick, D.R.; Coutinho, J.; Trindade, H. Effects of temperature and dairy cattle excreta characteristics on potential ammonia and greenhouse gas emissions from housing: A laboratory study. *Biosys. Eng.* **2012**, *112*, 138-150.
13. Santolaria, P.; Yaniz, J.; Fantova, E.; Vicente-Fiel, S.; Palacin, I. Climate factors affecting fertility after cervical insemination during the first months of the breeding season in Rasa Aragonesa ewes. *Int J Biometeorol* **2014**, *58*, 1651-1655.
14. Bello, J.; Marco, L.; Ruiz, S.; Hernández, V.; Carranza, R.; Mantecón, A.; Lavín, P. In *Efecto de las condiciones ambientales sobre la mortalidad de corderos en un cebadero comercial*, XLI Jornadas Científicas y XVII Jornadas Internacionales de Ovinotecnia y Caprinotecnia, Talavera de la Reina, Toledo, Spain, 2016; Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia, Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario: Talavera de la Reina, Toledo, Spain, pp 367-371.
15. Sevi, A.; Casamassima, D.; Pulina, G.; Pazzona, A. Factors of welfare reduction in dairy sheep and goats. *Italian Journal of Animal Science* **2009**, *8*, 81-101.
16. Sevi, A. In *Influence of sunlight, temperature and environment on the fatty acid composition and coagulative properties of sheep milk*, The Future of the Sheep and Goat Dairy Sector, Zaragoza, Spain, 2005; Sevi, A., Ed. International Dairy Federation: Zaragoza, Spain, pp 305-311.
17. Faerevik, G.; Andersen, I.; Boe, K. Preferences of sheep for different types of pen flooring. *Applied Animal Behaviour Science* **2005**, *90*(93), 265-276.
18. Teixeira, D.L.; Miranda-de la Lama, G.; Villarroel, M.; Olleta, J.L.; García-Belenguer, S.; Escós, J.; María, G.A. Effects of alternative bedding substrates on lamb welfare, productive performance, and meat quality during the finishing phase of fattening. *Journal of Veterinary Behavior* **2015**, *10*, 171-178.
19. Muñoz-Orsorio, G.A.; Aguilar-Caballero, A.J.; Sarmiento-Franco, L.A.; Wurzinger, M.; Gutiérrez-Reynoso, G.A. The effect of two housing systems on productive performance of hair-type crossbred lambs in sub-humid tropics of Mexico. *Journal of Applied Animal Research* **2017**, *45*, 384-388.
20. Philippe, F.X.; Laitat, M.; Canart, B.; Vandenheede, M.; Nicks, B. Gaseous emissions during the fattening of pigs kept either on fully slatted floors or on straw flow. *animal* **2007**, *1*, 1515-1523.
21. Seedorf, J.; Hartung, J.; Schröder, M.; Linkert, K.H.; Pedersen, S.; Takai, H.; Johnsen, J.O.; Metz, J.H.M.; Groot Koerkamp, P.W.G.; Uenk, G.H., et al. Temperature and Moisture Conditions in Livestock Buildings in Northern Europe. *Journal of Agricultural Engineering Research* **1998**, *70*, 49-57.
22. Thom, E.C. The Discomfort Index. *Weatherwise* **1959**, *12*, 57-61.
23. Minka, N.S.; Ayo, J.O. Physiological responses of food animals to road transportation stress. *African Journal of Biotechnology* Vol. 8 (25) **2009**, 7415-7427.