

Estudio de la relación entre actividad y emisión de dióxido de carbono en conejos de cebo

Rodríguez A.R.^{1)*}, Calvet S.¹⁾, Estellés F.¹⁾, Torres A.¹⁾

¹⁾Instituto de Ciencia y Tecnología Animal. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n. 46022 Valencia, España. *anrodla@euita.upv.es

Resumen

Los balances de dióxido de carbono (CO₂) son herramientas muy útiles a la hora de determinar el flujo de ventilación en granjas, especialmente en ventilación natural. Para desarrollar esta metodología correctamente, es necesario conocer tanto las emisiones de CO₂ como su evolución en el tiempo. Sin embargo, en conejos esta información es, hasta el momento, escasa. De este modo, en el presente trabajo se estudió la relación entre las emisiones de CO₂ de conejos de cebo y la actividad de los mismos. Para ello, 21 animales fueron introducidos en una cámara dinámica, registrando tanto su comportamiento como las emisiones de CO₂. Asimismo, en el interior y en el exterior de la cámara fueron registrados parámetros ambientales (temperatura y humedad relativa). Como resultado se obtuvo un valor medio de emisión de 1,98±0,72 L·h⁻¹, observándose una pauta de variación diaria de las emisiones similar a la de la actividad de los animales, con un mínimo alrededor de las 15 horas.

Abstract

Carbon dioxide (CO₂) balances are very useful tools to determine ventilation fluxes in farms, in particular, in naturally-ventilated buildings. To develop this methodology, data about CO₂ emissions and their evolution are needed. There is a lack of information about this topic for rabbits. Therefore, in the present work, the relationship between activity and CO₂ emissions was studied in fattening rabbits. 21 animals were introduced in a dynamic chamber and their behavior and CO₂ emissions were assessed. In the same way, environmental parameters were registered (T^a, HR) inside and outside the flux chamber. The results showed an average emission of 1,98±0,72 L·h⁻¹, and the daily emission dynamics was very similar to the animal activity daily pattern with a minimum value around 15 h.

Palabras Clave

Conejos de cebo, actividad animal, emisión, dióxido de carbono, cámara dinámica.

Keywords

Fattening rabbits, animal activity, emission, carbon dioxide, flux chamber.

1. Introducción. Objetivos

Dentro del ámbito de la producción ganadera y, especialmente en países del área mediterránea tales como España e Italia, la producción cunícola es un sector que paulatinamente ha ido adquiriendo relevancia, si bien no es ajeno a las dificultades que afectan al sector agropecuario. No obstante, la mayor parte de países que dedican parte de su producción a la cría y engorde de conejos, no incorporan las emisiones de los mismos a

sus Inventarios Nacionales de Emisiones, debido fundamentalmente a la escasa información al respecto.

A fin de estimar las emisiones procedentes de una determinada fuente ganadera, con frecuencia se utilizan balances de masas, donde el valor de emisión se obtiene por diferencia entre el flujo de materia de entrada y de salida.

De este modo, para determinar dichos flujos de materia es indispensable conocer tanto la concentración de la misma en el aire de entrada y salida como el flujo de ventilación de forma simultánea. Las concentraciones de gases, partículas y olores en granja pueden ser obtenidas con relativa facilidad mediante la utilización de diversas técnicas (Chen *et al.*, 1999; Greatorex, 2000; Ni y Heber, 2008). Por el contrario, la medida del flujo de ventilación en explotaciones ganaderas presenta mayores inconvenientes. De acuerdo con Phillips *et al.* (2001), las técnicas de medida se pueden clasificar en dos grandes grupos: técnicas directas e indirectas.

Las técnicas directas, basadas en la medida del flujo de ventilación a través de todas las aberturas de una instalación, son técnicas más simples y precisas, pero únicamente pueden ser utilizadas en instalaciones con ventilación forzada.

Con las técnicas indirectas por el contrario, se busca monitorizar la concentración interior y exterior de un trazador de valor conocido, producido de forma natural en las explotaciones ganaderas; con posterioridad, se determina el flujo de ventilación aplicando un balance de masas. Esta técnica es válida tanto para granjas con ventilación natural como para explotaciones con ventilación forzada. Así, el CO₂ producido en granjas viene utilizándose de forma habitual en la estimación de tasas de ventilación (Pedersen *et al.*, 1998; Xin *et al.*, 2009). Sin embargo, para desarrollar de forma adecuada esta metodología, es necesario conocer la cantidad de CO₂ que se produce en cada explotación.

En la bibliografía, existen valores de emisión de CO₂ para la mayor parte de las especies ganaderas (CIGR, 2002), si bien en el caso de la especie cunícola, generalmente dichos valores son puramente teóricos, careciendo de estudios de investigación como apoyo.

En la determinación del flujo de ventilación en granjas, el uso de valores medios de emisión de CO₂ conduce a un error significativo, dado que no se tiene en cuenta la variación diaria en la emisión de dicho gas (Pedersen y Jorgensen, 2004). Así, cuando se estima el flujo de ventilación a través de balances de CO₂, resulta indispensable conocer la variación diaria de este gas.

Tradicionalmente se ha determinado la variación diaria en la concentración de CO₂ a través de la variación de la actividad de los animales (van Ouwerkerk y Pedersen, 1994). Por otro

lado, se ha determinado que la variación diaria de dicha actividad sigue un ritmo circadiano (Kennedy *et al.*, 1994).

El objetivo del presente trabajo es, en primer lugar, establecer un valor medio de emisión de CO₂ en conejos de cebo, así como estudiar su pauta de variación diaria, a fin de establecer su relación con la pauta de actividad de los animales.

2. Materiales y métodos

2.1. Descripción general

Un total de 21 conejos de engorde (Blanco Neozelandés x California), procedentes de una granja experimental localizada en la Universidad Politécnica de Valencia (Valencia, España), fueron seleccionados en función de su edad e introducidos individualmente en una cámara dinámica de polimetilmetacrilato (PMMA), durante períodos de 24 horas.

En el interior de la cámara descrita por Estellés *et al.* (2009), se dispuso una jaula equipada con un comedero y un bebedero, dos bombas de extracción de aire (Resun® Silent-pump AC-9902) con cuatro tubos de salida de 4 mm de diámetro y un ventilador (Power Logic PL80S12M), a fin de permitir la circulación del aire en el interior. Tanto la cámara como el flujo de ventilación fueron diseñados para cumplir las condiciones de bienestar de los animales en el interior, considerando especialmente la temperatura, la humedad relativa y el CO₂.

En la figura 1 se muestra una perspectiva de la cámara, donde se observa la ubicación de los elementos incorporados a la misma.

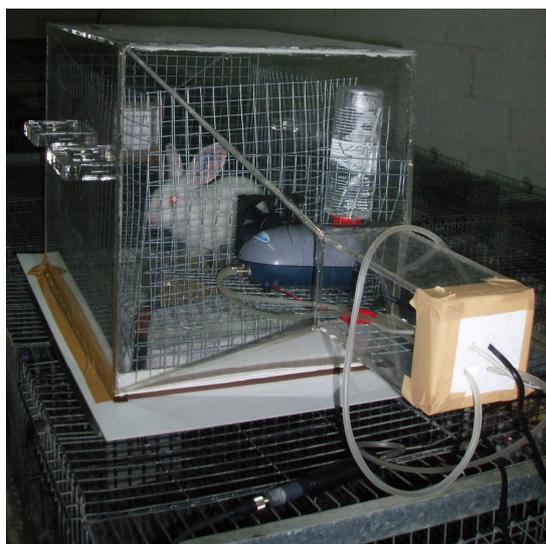


Figura 1. Cámara dinámica y equipamiento interior

2.2. Medición de parámetros ambientales

Asimismo, en el exterior de la cámara se dispuso un sensor de CO₂ (Vaisala GMT-222, 0-10.000 ppm) conectado a uno de los tubos de salida de gases a través de un adaptador de proceso (Vaisala 26150GM). Las concentraciones de CO₂ (ppmv), fueron registradas cada cinco minutos mediante un data-logger (HOBO H8 RH/Temp/Out, Onset Computer Corp., Pocasset, Mass.). Las variables ambientales, tanto la temperatura como la humedad relativa fueron registradas con la misma frecuencia que el CO₂, a través de dos data-loggers (HOBO H8 RH/Temp/Out, Onset Computer Corp., Pocasset, Mass.), ubicados, uno en el interior y otro en el exterior de la cámara. Por medio de un rotámetro (Yokogawa RAGH), diariamente se determinó el caudal de las bombas.

Para determinar la emisión de CO₂ se empleó la Ecuación 1, derivada de la ecuación general de balances de dióxido de carbono:

$$E = \frac{(C_{salida} - C_{entrada}) \times Q}{1.000} \quad (1)$$

Donde:

E: Emisión (L·h⁻¹).

C_{salida}: Concentración exterior gas (ppmv).

C_{entrada}: Concentración interior gas (ppmv).

Q: Flujo de aire intercambiado (m³/h).

A fin de determinar la relación entre el peso de los animales y su emisión de CO₂, se utilizó una regresión no lineal, a través del procedimiento PROC NLIN de SAS (SAS, 2001). A continuación se muestra la ecuación de regresión (Ecuación 2):

$$E = a \times LW^b \quad (2)$$

Donde:

E: Emisión media diaria de CO₂ (L·h⁻¹).

a: Constante.

LW: Peso vivo (kg).

b: Constante.

Para analizar la pauta de variación diaria de las emisiones de CO₂, se empleó también una regresión no lineal, a través del procedimiento PROC NLIN de SAS (SAS, 2001). La ecuación resultante se deriva de las series transformadas de Fourier (Ecuación 3). Parámetros tales como la longitud del periodo, la amplitud y la fase fueron introducidos en el modelo.

$$E_R = 100 - A \times \cos\left(t \times \frac{2 \times \pi}{24} - t_{\min} \times \frac{2 \times \pi}{24}\right) \quad (3)$$

Donde:

E_R : Emisión relativa de CO₂ con respecto a la media diaria (%).

100: Valor relativo medio diario del modelo (100% por definición).

A: Amplitud del modelo (% de la media diaria).

t: Hora (h).

24: Periodo (h).

t_{\min} : Momento en el cuál se produce el valor mínimo de emisión (h).

2.3. Registro de la actividad animal

Paralelamente a la medición de concentraciones de CO₂, se registró la actividad de cada animal a través de un equipo de grabación (SONY® DCR-HC17E), seleccionando con posterioridad 10 videos en función de la edad (2 por cada semana de cebo), para proceder finalmente al visionado de un total de 240 horas. En cada video se identificaron y registraron las distintas actividades y sus duraciones, determinando tanto el coeficiente de actividad horario como el porcentaje de tiempo que permanecían activos los animales cada hora. Las actividades identificadas se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1. Matriz de actividades

Id. Actividad	Descripción de la actividad
Act1	Animal tumbado
Act2	Animal durmiendo
Act3	Animal sentado
Act4	Ingestión de pienso
Act5	Ingestión de agua
Act6	Desplazamiento
Act7	Animal de pie (a dos patas)
Act8	Otras actividades (cecotrofia, olisqueando, lamiendo, etc.)

3. Resultados y discusión

3.1. Datos productivos

En la Tabla 2 se muestran los resultados productivos obtenidos durante el experimento, en relación al peso, incremento de peso, edad, consumo de agua y pienso, y producción de CO₂, de cada animal. Los parámetros productivos resultaron ser muy similares a los obtenidos, en la misma granja experimental, por Calvet *et al.* (2008) y Estellés *et al.* (2009).

Tabla 2. Datos productivos por animal y emisión de CO₂

Id. animal	Peso medio (kg)	Incremento peso (kg)	Edad (días)	Consumo pienso (kg)	Consumo agua (L)
1	0,650	0,060	32	0,030	0,150
2	0,660	0,100	33	0,070	0,220
3	0,565	0,050	33	0,055	0,070
4	0,715	0,050	34	0,080	0,110
5	1,015	0,070	35	0,080	0,140
6	0,950	0,060	39	0,060	0,390
7	1,080	0,040	40	0,080	0,200
8	1,040	0,000	41	0,060	0,120
9	1,085	0,070	42	0,100	0,170
10	1,065	0,050	46	0,080	0,460
11	1,115	0,050	47	0,090	0,200
12	1,390	0,060	48	0,100	0,500
13	1,300	0,060	49	0,100	0,230
14	1,585	0,010	53	0,100	0,090
15	1,470	0,020	54	0,090	0,270
16	1,580	0,100	54	0,090	0,200
17	1,870	0,020	55	0,060	0,140
18	1,750	0,040	55	0,140	0,250
19	1,530	0,020	56	0,110	0,210
20	1,625	0,030	56	0,110	0,260
21	1,955	0,050	60	0,120	0,210

3.2. Parámetros ambientales

En la Figura 2, se muestra la evolución de la temperatura y humedad relativa promedio registradas en el interior de la cámara durante el desarrollo del experimento. Como se puede observar, la temperatura registrada en el interior de la cámara es propia de los meses de verano, con valores comprendidos entre los 25 y los 30 °C.

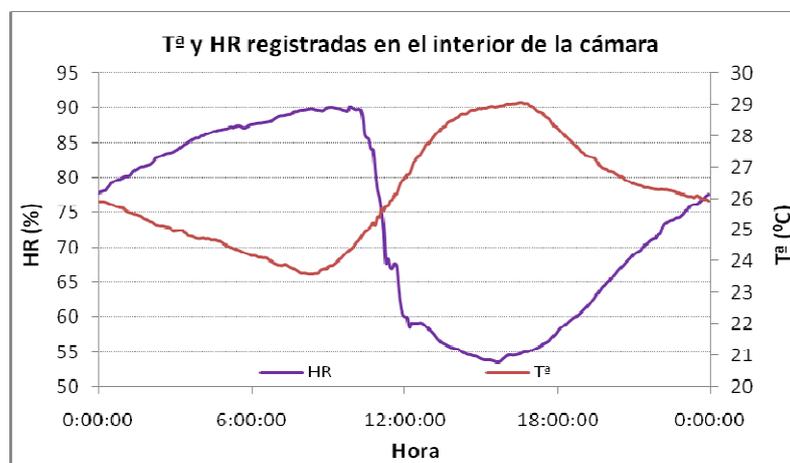


Figura 2. Evolución de la temperatura y de la humedad relativa

3.3. Producción de CO₂

En el presente trabajo, se obtuvo una emisión media de $1,98 \pm 0,72 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$, para un peso medio de 1,240 kg, siendo este valor superior al reportado por Estellés *et al.* (2009), con una emisión media de CO₂ de $1,26 \pm 0,12 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$ y un peso medio de 0,853 kg. Por otro lado, Kiwull-Schöne *et al* (2001; 2005), obtuvieron valores de emisión más altos, comprendidos entre los 2,12 y los 2,27 $\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$, para unos pesos medios de 3,260 y 3,530 kg respectivamente.

En vista de los resultados anteriores, parece existir una relación entre el valor de emisión de CO₂ y el peso de los animales, expresada a través de la Ecuación 4:

$$E = 1,661 \times LW^{0,85} \quad R^2=0,98 \quad (4)$$

La constante de la ecuación ($a=1,661 \pm 0,086$) proporciona el valor medio de emisión por kilogramo de peso vivo. El coeficiente b, ($0,85 \pm 0,12$) se encuentra directamente relacionado con la actividad metabólica del animal. Tradicionalmente, se ha asignado al coeficiente b un valor de 0,75 (White y Seymour, 2003), empleando dicha relación en el cálculo de ecuaciones de producción de calor (van Ouwerkerk y Pedersen, 1994). De hecho, la CIGR (2002) propone este valor de cálculo para la mayoría de especies (vacas, cerdos de cebo, cerdas reproductoras, ovejas, cabras, caballos y aves), determinando la existencia de una relación lineal entre emisión y peso metabólico ($LW^{0,75}$) por lo que, para un peso medio de 1,240 kg, el valor de emisión es de $1,32 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$, sensiblemente menor al obtenido en el presente trabajo para un mismo valor de peso medio.

En el caso de terneros, novillas lechones y otras especies, en CIGR (2002), el coeficiente b adopta valores diferentes, variando entre 0,66 y 0,77. En este sentido, Lee (1939), obtuvo un valor muy similar al propuesto en el presente estudio, esto es, 0,81.

Ajustando la regresión a un coeficiente b de 0,75, se obtiene la Ecuación 5.

$$E = 1,7167 \times LW^{0,75} \quad R^2=0,98 \quad (5)$$

En este caso, el coeficiente a proporciona el valor de emisión por kilogramo de peso metabólico. Comparando con valores CIGR (2002), el valor obtenido en el presente trabajo resulta ser superior al de otras especies tales como vacas (1,036) o cerdos en cebo (0,942), si bien es sensiblemente inferior al valor correspondiente a broilers (1,965).

Por otra parte, se determinó la pauta de variación diaria de emisión, ajustándose de forma aproximada a un periodo de 24 horas. Dicha pauta de variación fue modelada a partir de la Ecuación 6:

$$E_R = 100 - 16,1439 \times \cos\left(t \times \frac{2 \times \pi}{24} - 14,8674 \times \frac{2 \times \pi}{24}\right) \quad R^2=0,99 \quad (6)$$

El valor de amplitud de onda modelizada representa la diferencia existente entre el valor mínimo diario de emisión y el valor máximo, estableciéndose en $16,14\% \pm 0,83$, sobre el valor medio de emisión. Este valor es inferior al propuesto por Pedersen and Rom (1998) en CIGR (2002), para cerdos en cebo alimentados *ad libitum*.y con iluminación natural, que obtuvieron variaciones entre el 25 y el 100% según el peso de los animales.

A partir de la Ecuación 6, el valor mínimo de emisión de CO₂ se establece a las 14:52h ($14,87 \pm 0,20$), pudiendo indicar que, a primeras horas de la tarde, los animales presentan una mínima actividad metabólica.

El conejo se considera un animal de actividad nocturna (Jilge, 1991), estableciéndose que su periodo de mayor actividad oscila entre las 23 y las 5h (Princz *et al.*, 2008). En el presente trabajo, el valor máximo de emisión obtenido figuró dentro de dicho intervalo de actividad.

3.4. Variación de la actividad

En la Tabla 3, se muestra la matriz de correlaciones entre las distintas actividades registradas y la emisión relativa en volumen.

Tanto la actividad 1 como la actividad 2 se correlacionan negativamente con la emisión, confirmando que, cuando los animales se encuentran en estado de reposo, esto es, bien tumbados, bien durmiendo, la emisión es menor. De igual modo, las actividades 7 (de pie) y 8 (otras actividades) presentan una correlación positiva con la emisión; así, cuando desarrollan este tipo de actividades, la emisión es mayor.

Tabla 3. Matriz de correlaciones entre actividades y emisión

	Act1	Act2	Act3	Act4	Act5	Act6	Act7	Act8	EmisRel
Act1	1,00								
Act2	0,82	1,00							
Act3	0,51	-0,07	1,00						
Act4	-1,00	-0,79	-0,57	1,00					
Act5	-0,99	-0,72	-0,65	0,99	1,00				
Act6	0,23	-0,36	0,95	-0,29	-0,39	1,00			
Act7	-0,30	-0,79	0,67	0,24	0,14	0,86	1,00		
Act8	-0,09	-0,64	0,81	0,02	-0,08	0,95	0,98	1,00	
EmisRel	-0,70	-0,95	0,21	0,66	0,58	0,48	0,84	0,72	1,00

Esta matriz de correlaciones permite conocer la influencia de cada actividad en la emisión de CO₂ y, por lo tanto, es de gran utilidad a la hora de modelizar la pauta de variación diaria de dicha emisión.

4. Conclusiones

Se obtuvo un valor medio de emisión de CO₂ de 1,98±0,72 L·h⁻¹, observándose una pauta de variación diaria en dicha emisión, presentando un valor mínimo alrededor de las 15 horas.

Asimismo, las actividades “tumbado” y “durmiendo” presentan una correlación negativa con la emisión, mientras que las actividades “de pie” y “otras”, presentan una mayor correlación positiva.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado dentro del proyecto Gas Farm AGL2005-07297, del Ministerio de Educación y Ciencia.

Referencias

- Calvet, S., Estellés, F., Hermida, B., Blumetto, O., y Torres, A. (2008). Experimental balance to estimate efficiency in the use of nitrogen in rabbit breeding. *World Rabbit Science* 16 (4), 205-211.
- Chen, Y. C., Barber, E. M., Zhang, Y., Besant, R. W., y Sokhansanj, S. (1999). Methods to measure dust production and deposition rates in buildings. *Journal of agricultural engineering research*. 72(4), 328-340.
- CIGR. (2002). Climatization of animal houses. Heat and moisture production at animal and house levels. Pedersen, S. y Sälvik, K. Danish Institute of Agricultural Sciences, pp. 1-46. Horsens, Denmark.
- Estellés, F., Calvet, S., Blumetto, O., Rodríguez-Latorre, A. R., y Torres, A. G. (2009). Technical Note: A flux chamber for measuring gas emissions from rabbits. *World Rabbit Science* 17 (3), 169-179.
- Greatorex, J. M. (2000). A review of methods for measuring methane, nitrous oxide and odour emissions from animal production activities. 1-27. JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik.
- Jilge, B. (1991). The Rabbit - A Diurnal Or A Nocturnal Animal. *Journal of Experimental Animal Science* 34(5-6), 170-183.
- Kennedy, G. A., Hudson, R., y Armstrong, S. M. (1994). Circadian Wheel Running Activity Rhythms in 2 Strains of Domestic Rabbit. *Physiology & Behavior* 55(2), 385-389.
- Kiwull-Schöne, H., Kalhoff, H., Manz, F., Diekmann, L., y Kiwull, P. (2001). Minimal-invasive approach to study pulmonary, metabolic and renal responses to alimentary acid-base changes in conscious rabbits. *European Journal of Nutrition* 40(5), 255-259.
- Kiwull-Schöne, H., Kalhoff, H., Manz, F., y Kiwull, P. (2005). Food mineral composition and acid-base balance in rabbits. *European Journal of Nutrition* 44(8), 499-508.
- Lee, R. C. (1939). Size and basal metabolism of the adult rabbit. *Journal of Nutrition* 18(5), 489-500.
- Ni, J. Q. y Heber, A. J. (2008). Sampling and Measurement of Ammonia at Animal Facilities. *Advances in Agronomy* 98, 201-269.
- Pedersen, S. and Jorgensen, H. (2004). The influence of diurnal variation in animal activity on indoor climate. *AgEng 2004*, 1-7. Leuven, Belgium.
- Pedersen, S., Takai, H., Johnsen, J. O., Metz, J. H. M., Koerkamp, P. W. G. G., Uenk, G. H., Phillips, V. R., Holden, M. R., Sneath, R. W., Short, J. L., White, R. P., Hartung, J., Seedorf, J., Schroder, M., Linkert, K. H., y Wathes, C. M. (1998). A comparison of three balance methods for calculating ventilation rates in livestock buildings. *Journal of Agricultural Engineering Research* 70(1), 25-37.

Phillips, V. R., Lee, D. S., Scholtens, R., Garland, J. A., y Sneath, R. W. (2001). A review of methods for measuring emission rates of ammonia from livestock buildings and slurry on manure stores, Part 2: monitoring flux rates, concentrations and airflow rates. *Journal of Agricultural Engineering Research* 78(1), 1-14.

Princz, Z., Zotte, A. D., Radnai, I., Biro-Nemeth, E., Matics, Z., Gerencser, Z., Nagy, I., y Szendro, Z. (2008). Behaviour of growing rabbits under various housing conditions. *Applied Animal Behaviour Science* 111(3-4), 342-356.

SAS. (2001). *SAS User's Guide: Statics*. SAS Institute Inc.

van Ouwerkerk, E. N. J. and Pedersen, S. (1994). Application of the carbon dioxide mass balance method to evaluate ventilation rates in livestock buildings. *Proceedings of the XII World Congress on Agricultural Engineering*, 516-529. Milan, Italy.

White, C. R. y Seymour, R. S. (2003). Mammalian basal metabolic rate is proportional to body mass^(2/3). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100(7), 4046-4049.

Xin, H., Li, H., Burns, R. T., Gates, R. S., Overhults, D. G., y Earnest, J. W. (2009). Use of Co₂ Concentration Difference Or Co₂ Balance to Assess Ventilation Rate of Broiler Houses. *Transactions of the ASABE* 52(4), 1353-1361.