

# Tamaño de grupo durante la recría: aspectos comportamentales, actividad y crecimiento

G. LISTE<sup>1</sup>, I. CAMPDERRICH<sup>1</sup> y I. ESTEVEZ<sup>1, 2\*</sup>

<sup>1</sup>Neiker-Tecnalia, Departamento de Producción Animal, P.O. Box 46, 01080 Vitoria-Gasteiz;

<sup>2</sup>IKERBASQUE, Fundación Vasca para la Ciencia, Alameda Urquijo 36-5 Plaza Bizkaia, 48011 Bilbao.

\*iestevez@neiker.net

Los sistemas alternativos de producción de huevos facilitan una mayor actividad y rango de expresión de comportamientos en gallinas de puesta. Pero el alojamiento en los grupos más grandes normalmente empleados en estos sistemas, como por ejemplo las jaulas enriquecidas, también puede incrementar el riesgo de comportamientos indeseados (agresión, picaje) con importantes costes para salud, bienestar y eficiencia productiva. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto del incremento de tamaño de grupo sobre comportamiento, trayectorias de desplazamiento y peso corporal, para evaluar aspectos de crecimiento y bienestar. Se utilizaron 1050 pollitas Hy-line Brown de un día distribuidas en 45 recintos de 10, 20 o 40 individuos (15 recintos/tratamiento) a densidad constante de 8 aves/m<sup>2</sup>. Todas las aves se identificaron individualmente con etiquetas plásticas. Las observaciones del comportamiento y las trayectorias de desplazamiento se realizaron entre la 5<sup>a</sup> y 16<sup>a</sup> semanas de edad, utilizando el software Chickitizer. Los resultados preliminares indican un efecto del tamaño de grupo en cuanto a agresión recibida ( $p < 0,05$ ), acicalamiento social dado ( $p < 0,01$ ) y locomoción ( $p < 0,001$ ). En grupos de 10 se observó más agresión ( $p < 0,05$ ) y menos acicalamiento social ( $p < 0,05$ ), mientras que las aves en grupos de 40 pasaron más tiempo desplazándose ( $p < 0,05$ ). Las trayectorias de desplazamiento, evaluadas como distancia total, neta y máxima, difirieron entre tamaños de grupo ( $p < 0,001$ , todos los parámetros). Las menores distancias totales, netas y máximas recorridas se observaron en grupos de 10 ( $p < 0,05$ ). Por otro lado, el tamaño de grupo no afectó al peso de las aves durante la recría ( $p > 0,05$ ). Estos resultados sugieren que durante la fase de recría los grupos pequeños son más problemáticos debido a la mayor frecuencia de agresión. Además, el alojamiento en grupos más grandes a densidad constante favorece una mayor actividad y mayores trayectorias de desplazamiento por lo que grupos de entre 20 y 40 individuos serían más recomendables.

Alternative systems for laying hens offer wider behavioural and movement opportunities for the birds. However, the larger groups frequently used in these housing systems, such as enriched cages, may also increase the risk of undesired behaviours (aggression, feather pecking) with important consequences for the birds' health, welfare and performance. The objective of the current experiment aimed to analyse the effects of increasing group sizes on behaviour, movement trajectories and weight of pullets, to assess the birds' growth and welfare. 1050 Hy-line Brown chicks were divided into 45 experimental groups, each housing 10, 20 or 40 individuals (15 pens/treatment) at a constant density of 8 birds/m<sup>2</sup>. All birds were individually identified with laminated tags. From week 5 to 16, observations were conducted with the software Chickitizer to record behaviour and movement trajectories. Preliminary results show an effect of group size on the levels of aggression received ( $p < 0.05$ ), social preening given ( $p < 0.01$ ) and locomotion ( $p < 0.001$ ). Birds received more aggression in groups of 10 ( $p < 0.05$ ), and gave less social preening ( $p < 0.05$ ). On the other hand, birds housed in groups of 40 spent more time moving ( $p < 0.05$ ). Movement trajectories, assessed as total, net and maximum distances, were affected by group size ( $p < 0.001$ , all variables) with individuals housed in groups of 10 traveling shorter total, net and maximum distances ( $p < 0.05$ ). Nonetheless, group size did not affect the birds weight

during the rearing phase ( $p>0.05$ ). The current results suggest that aggression in pullets is more frequent in smaller rather than larger groups. Furthermore, housing pullets in larger groups, at a constant density, improves activity levels and makes movement trajectories larger, so groups housing 20 or 40 individuals seem to be preferable.

**Palabras clave:** tamaño de grupo; comportamiento; uso del espacio; producción; recría

## Introducción

Los sistemas alternativos de producción de huevos ofrecen una mayor libertad de movimientos para las aves y mejoran el rango de comportamientos expresados (Appleby et al., 2002), pero también pueden incrementar el riesgo de aparición de comportamientos no deseados, como el picaje o canibalismo, pudiendo dificultar el manejo (Lay et al., 2011). Parte de estos problemas se deben a la mayor libertad de movimientos de los aves y al mayor número de animales alojados por recinto que se ha asociado a una mayor mortalidad, mayores reacciones de estrés, daños en plumas y piel, reducción en la producción de huevos y descensos en el peso corporal (Hughes y Duncan, 1972; Tauson, 1998; Bilcik y Keeling, 2000; Keeling et al., 2003). Se ha especulado que estos efectos negativos podrían estar relacionados con la incapacidad de las aves para establecer una jerarquía de dominancia en grandes grupos dada la imposibilidad de un reconocimiento individual (McBride y Foenander, 1962). Por el contrario, otros estudios han sugerido que grupos más grandes no parecen provocar un aumento de la agresión (Hughes et al., 1997; Nicol et al., 1999; Estevez et al., 2002) y que el comportamiento social de las ponedoras podría ser más flexible de lo inicialmente esperado. Varios autores han delineado modelos teóricos para explicar el hecho de que en grupos grandes de gallo doméstico la jerarquía no se establece porque no es una estrategia eficiente (Pagel y Dawkins, 1997), y que ser tolerante con otros individuos es una táctica más efectiva en estos casos (Estevez et al., 1997).

Por otro lado, los movimientos de los animales alojados en espacios limitados pueden verse afectados por muchos factores, desde la distribución de los recursos en el recinto hasta factores de índole social relacionados con el número de individuos alojados (Leone et al., 2007; Leone y Estevez, 2008a; Estevez et al., 2010). Existen varios estudios sobre los requerimientos de espacio óptimos para diferentes especies ganaderas (Hurnik y Lewis, 1991), y se ha demostrado que el espacio necesario para la interacción social es también crucial para estos animales cuando viven en grupo (Keeling, 1995). Aunque existen estudios relativos al uso del espacio en el gallo doméstico (Keeling y Duncan, 1989) y particularmente para estirpes de carne bajo diferentes condiciones de cría (Newberry y Hall, 1990; Leone et al., 2008a; Leone et al., 2010), poco se sabe a cerca de las pautas de movimiento de gallinas ponedoras y como estas pautas pueden verse alteradas por la utilización de diferentes tamaños de grupo. Las medidas más comúnmente calculadas para el estudio del uso del espacio son las distancias totales y netas recorridas, o la amplitud de los pasos, que pueden ser muy informativos para analizar patrones de movimiento en más detalle y para entender la toma de decisiones de un animal cuando se mueve en el espacio disponible (Estevez y Christman, 2006; Mallapur et al., 2009).

En este estudio se pretende determinar el efecto de la variación del tamaño de grupo durante la recría para establecer su posible idoneidad de cara a su potencial uso en sistemas de producción alternativos, particularmente sistemas de jaulas enriquecidas, considerando parámetros comportamentales, de bienestar y crecimiento. Para ello se determinó el efecto de un rango de tamaños de grupo de 10, 20 y 40 aves, a densidad constante.

## Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en la granja avícola experimental de Neiker-Tecnalia (Vitoria-Gasteiz, Álava). Se utilizaron 1050 pollitas Hy-line brown de un día de edad, obtenidas de una incubadora comercial. A su llegada a las instalaciones las aves fueron distribuidas aleatoriamente en 45 grupos de 10, 20 o 40 individuos, en recintos de 1,25m<sup>2</sup>, 2,50m<sup>2</sup> y 5,00m<sup>2</sup>, respectivamente, a densidad constante (8 aves/m<sup>2</sup>). Los recintos experimentales, contruidos con tubos de PVC y rejilla plástica, se aislaron en su parte inferior mediante un plástico negro opaco para evitar el contacto visual entre las aves. Las aves se alimentaron siguiendo procedimientos comerciales, mediante la provisión de pienso *ad libitum* en comederos circulares automáticos (4cm / ave). El agua se suministró mediante un sistema de tetinas (1 tetina / 5 aves). Luz, temperatura y ventilación se controlaron mediante un sistema computerizado de control ambiental siguiendo prácticas de manejo comerciales. A las tres semanas de edad todas las pollitas se marcaron con etiquetas plásticas para permitir su identificación individual.

La toma de datos se realizó entre las semanas 5 y 16, divididas en tres periodos de observación: Periodo 1 (P1, semanas 5 y 6), Periodo 2 (P2, semanas 10 y 11) y Periodo 3 (P3, semanas 15 y 16). Para cada periodo de observación se seleccionaron aleatoriamente seis animales por recinto, y cada uno de ellos fue observado durante 2 minutos utilizando el software Chickitizer (Sánchez y Estevez, 1998). Durante esos 2 minutos, se recogieron datos de localización (en coordenadas XY) y comportamiento a intervalos de 10 segundos. Este procedimiento se repitió dos veces por periodo de observación (una vez por semana). Los datos de comportamiento se expresaron como porcentajes del total de tiempo observado para cada secuencia de observación. Los datos de localización se usaron para calcular: *Distancia total recorrida*, definida como la suma de distancias euclídeas de los puntos secuenciales de localización durante los dos minutos de observación; *Distancia neta*, definida como la distancia euclídeas entre el punto de partida y el final de una trayectoria; y *distancias máxima y mínima* entre localizaciones sucesivas de una misma trayectoria. Además los animales se pesaron a las semanas 2, 12 y 24 de vida.

Para el análisis de los datos de comportamiento se calcularon los porcentajes medios por recinto y periodo, considerando el recinto como la unidad estadística del estudio. Estos datos se analizaron mediante un modelo GLMM asumiendo una distribución gamma, con tamaño de grupo como factor fijo, periodo como medida repetida y recinto como factor aleatorio. Las diferencias significativas obtenidas se examinaron mediante comparaciones post-hoc con la corrección de Tukey. Los comportamientos comer, descansar, forrajear, locomoción, en pie, picaje de objetos, acicalamiento propio y acicalamiento social se ajustaron a este modelo. El resto de comportamientos (beber, baño de arena, agresión dada y recibida, picaje de objetos estereotipado, picaja de plumas dado y recibido, picaja de plumas estereotipado dado y recibido) fueron observados a bajas frecuencia, por lo que se utilizaron test de Kruskal-Wallis para los efectos del tamaño de grupo y Friedman's Anova para los efectos del tiempo. Los datos referentes a las trayectorias de movimiento y el peso de las aves se analizaron de manera similar a los de comportamiento con la diferencia de que en este caso el GLMM construido se basó en una distribución normal. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software SAS 9.3 (SAS Institute, Cary, NC, USA).

## Resultados y discusión

Los resultados de este estudio indican que variaciones en el tamaño de grupo, bajo condiciones de densidad constante, determinan cambios importantes en el comportamiento y las trayectorias de movimiento de las aves durante el periodo de recría. Así, se encontró que el tamaño de grupo afectó los niveles de agresión recibida ( $p < 0,05$ ), siendo mayor la agresión recibida en grupos de 10 ( $0.42 \pm 0.10$ ) que en grupos de 20 o 40 ( $0.16 \pm 0.05$  y  $0.20 \pm 0.07$  respectivamente;  $p < 0,05$  para todas las comparaciones). El acicalamiento social dado ( $p < 0,01$ ) fue menor en grupos de 10 ( $2.66 \pm 0.25$ ) que grupos de 40 ( $4.03 \pm 0.36$ ). El porcentaje de tiempo desplazándose (locomoción) también difirió entre tratamientos ( $p < 0,001$ ), siendo los individuos en grupos de 40 ( $8.37 \pm 0.54$ ) los que pasaron más tiempo moviéndose comparado con los grupos de 10 y 20 ( $5.91 \pm 0.38$  y  $6.21 \pm 0.40$  respectivamente;  $p < 0,05$  para todas las comparaciones). En cuanto al resto de comportamientos observados (comer, beber, descansar, forrajear, en pie, picaje de objetos, acicalamiento propio, acicalamiento social recibido, baño de arena, agresión dada, picaje de objetos estereotipado, picaje de plumas dado y recibido, picaje de plumas estereotipado dado y recibido) no se observaron diferencias significativas entre tratamientos ( $p > 0,05$ ).

Así mismo se observaron claros efectos del periodo de observación, constatándose una reducción generalizada de los niveles de actividad a lo largo del tiempo que se reflejó en un reducción de los niveles de agresión dada ( $p < 0,001$ ;  $0.56 \pm 0.11$ ,  $0.46 \pm 0.08$  y  $0.11 \pm 0.04$ , para P1-3, respectivamente), acicalamiento social dado ( $p < 0,05$ ;  $4.15 \pm 0.37$ ,  $3.96 \pm 0.36$  y  $2.32 \pm 0.26$ , para P1-3, respectivamente), forrajear ( $p < 0,001$ ), comer ( $p < 0,05$ ) y locomoción ( $p < 0,001$ ). Por el contrario, otros comportamientos aumentaron con el paso de los periodos de observación, como el tiempo en pie ( $p < 0,001$ ), picaje estereotipado recibido ( $p < 0,05$ ;  $0.09 \pm 0.05$ ,  $0.26 \pm 0.12$ ,  $0.35 \pm 0.10$ , para P1-3, respectivamente), descansar ( $p < 0,001$ ) o acicalamiento propio ( $p < 0,001$ ; Figura 1).

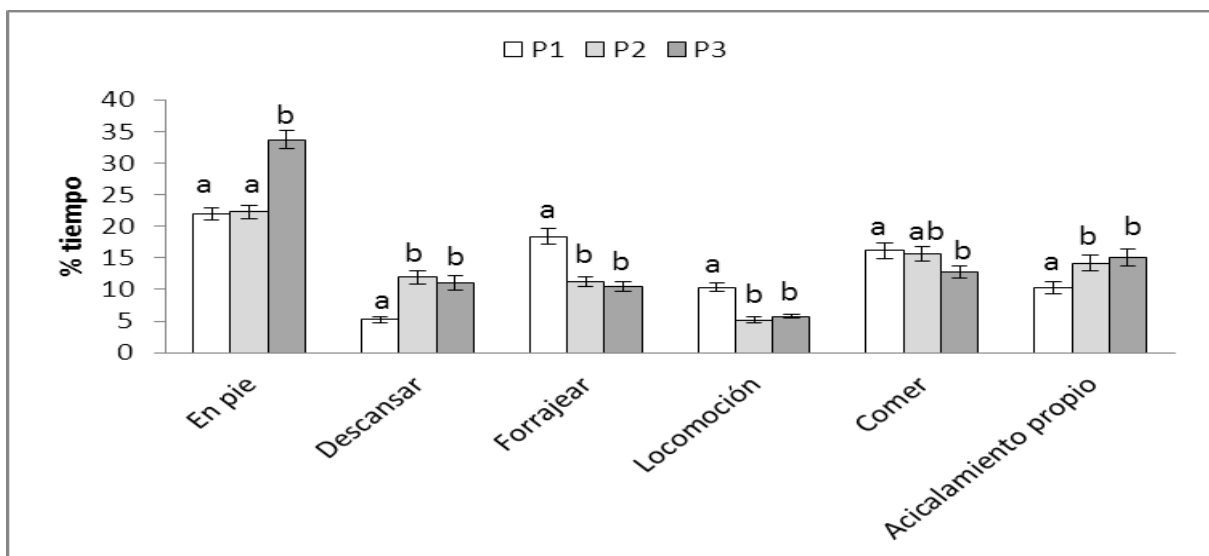
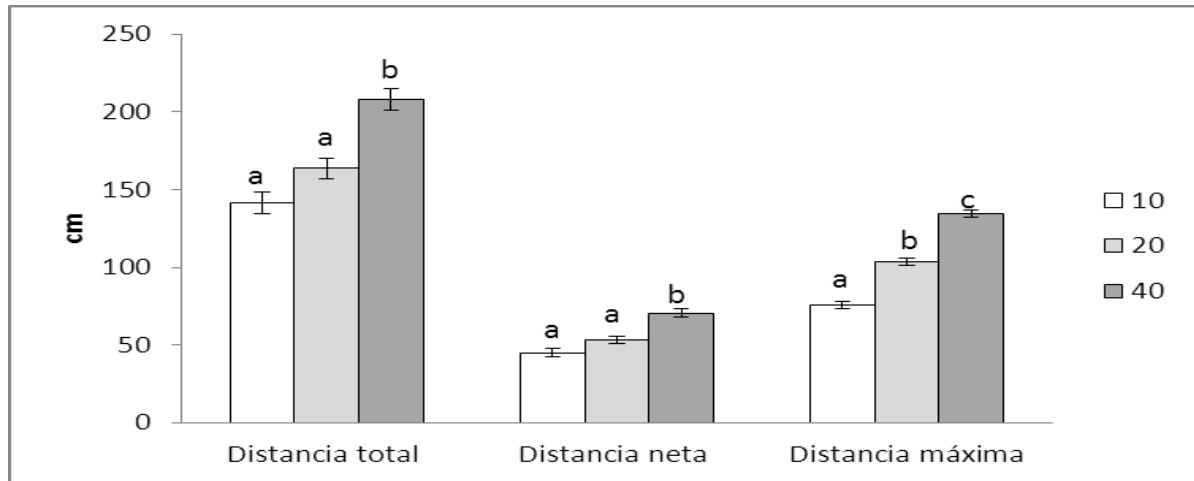


Figura 1. Efecto del periodo de observación sobre el comportamiento de pollitas en recría (P1, semanas 5-6; P2, semanas 10-11; P3, semanas 15-16). Letras diferentes indican diferencias significativas respecto al efecto del periodo de observación a  $p < 0,05$ .

El tratamiento experimental también afectó de manera significativa a las trayectorias de desplazamiento de las aves. Las distancias totales, netas y máximas aumentaron con el tamaño de grupo ( $p < 0,001$  en todos los casos, Figura 2). Así mismo, se detectaron un efecto significativo el periodo de observación sobre las distancias total, neta y mínima ( $p < 0,001$  en todos los casos) y de manera similar a lo encontrado para variables comportamentales se detectó una disminución de las trayectorias recorridas entre P1 y P3. La distancia total disminuyó progresivamente con los periodos de observación (P1:  $210.9 \pm 6.5$ , P2:  $168.2 \pm 6.4$ , P3:  $134.1 \pm 6.5$ ;  $p < 0,05$  para todas las comparaciones). La distancia neta fue mayor durante P1 ( $62.9 \pm 2.5$ ) que P3 ( $49.5 \pm 2.5$ ) mientras P2 quedaba intermedio ( $55.8 \pm 2.4$ ,

$p < 0,05$ ). Y la distancia mínima también fue mayor durante P1 ( $0.40 \pm 0.07$ ) que P2 o P3 ( $0.13 \pm 0.07$  y  $0.07 \pm 0.07$  respectivamente;  $p < 0,05$  para todas las comparaciones). Por último, el tiempo tuvo un efecto obvio en la ganancia de peso de los animales ( $p < 0,001$  para todos los casos) pero el tamaño de grupo no tuvo ningún efecto significativo sobre la misma.



**Figura 2.** Efectos del tamaño de grupo en las trayectorias de movimiento de pollitas en recría. Letras diferentes indican diferencias significativas respecto al efecto del tratamiento a  $p < 0,05$ .

En este estudio se observó una reducción de la frecuencia de interacciones agresivas para mayores tamaños de grupo, resultados que son similares a lo indicado por otros autores (Al-Rawi and Craig, 1975; Estevez et al., 2003; Zimmerman et al., 2006). El acicalamiento social también se vio afectado, siendo menor en los grupos pequeños, lo que podría explicarse en contraposición a la mayor agresión: el acicalamiento social se utiliza como ayuda en la formación pacífica de relaciones sociales (Sparks, 1964) por lo que su frecuencia decrecería en presencia de agresión. Además, las pollitas mostraron una mayor proporción del tiempo en movimiento en los grupos grandes, diferencias que también se vieron reflejadas en cuanto a la mayor distancia total, neta y máxima recorrida. Estos resultados, es más que probable que se deban al mayor espacio total proporcionado en los mayores tamaños de grupo, ya que ante la necesidad de mantener una densidad constante, el tamaño de recinto necesariamente aumentaba. Por lo tanto, aunque teóricamente el espacio por individuo permanece constante al controlar la densidad de aves por unidad de superficie, el espacio “efectivo” aumenta proporcionando a las aves una mayor libertad de movimientos que puede tener beneficios a nivel de bienestar y que también podría conllevar otros beneficios, como por ejemplo una mejor salud ósea relacionada con el mayor nivel de actividad. El efecto preponderante del tamaño del recinto independientemente de factores como tamaño de grupo y/o densidad ya ha sido constatado con anterioridad en otros estudios para pollo de carne (Leone and Estevez, 2008b; Leone et al., 2010). Estos resultados para ponedoras durante la recría sugieren que aumentos del tamaño de grupo no conllevan una restricción de carácter social en el uso del espacio. Además la mayor disponibilidad de espacio permitiría a las aves mayor dinamismo en la optimización del uso del espacio y más oportunidades para explorar su entorno (Newberry, 1999).

Tradicionalmente se acepta que en grupos pequeños de gallinas domésticas existe un periodo inicial de alta agresión hasta que la jerarquía se establece (Wood-Gush, 1971). Rushen (1982) describió que el 80% de las interacciones agresivas eran debidas a la formación de jerarquías, en gallinas de entre 2 y 10 semanas. Estos datos concuerdan con lo descrito en este estudio, donde la agresión fue mayor durante los P1 y P2 que en P3. En general se detectó una reducción general de la actividad a lo largo del periodo de crecimiento, que también se reflejó claramente en una disminución de la distancia total, neta y mínima. Estos resultados están íntimamente ligados a la mayor frecuencia de comportamientos exploratorios en individuos jóvenes, y también al hecho de que los animales más jóvenes son más pequeños y tienen más espacio disponible a su alrededor. También era esperable que los animales se

acicalaran menos a edades más tempranas, pues las plumas no están completamente desarrolladas, y que el acicalamiento social fuese mayor entre animales jóvenes, que probablemente se encuentran en fase de desarrollo y establecimiento de sus relaciones sociales. En conclusión, el menor nivel de agresión recibida y el mayor nivel de actividad indicado por el mayor tiempo en movimiento y las mayores distancias recorridas en tamaños de grupo mayores, sugirieron que el mantenimiento de pollitas en grupos grandes puede ofrecer mayor libertad de movimientos a las aves confirmando a estas grupos ciertas ventajas a nivel de bienestar y potencialmente de salud asociados a una mayor actividad de los animales. Además el peso de los animales no se vio afectado, por lo que no parece haber consecuencias negativas desde un punto de vista productivo.

## Agradecimientos

Este proyecto fue financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad de España (AGL2010-18276, MODELAY) incluyendo salario de G.L. así como la beca FPI de I.C. Los autores agradecen el excelente apoyo de Iuranca González, del personal de mantenimiento de Neiker-Tecnalia y Avícola Gorrotxategui S.L. Igualmente agradecen la asistencia veterinaria de Ignacia Beltrán de Heredia, y David Lizaso.

## Bibliografía

- AL-RAWI, B. y CRAIG, J. V. (1975). Agonistic behaviour of caged chickens related to group size and area per bird. *Applied Animal Ethology* **2**: 69-80.
- APPLEBY, M. C., WALKER, A. W., NICOL, C. J., LINDBERG, A. C., FREIRE, R., HUGHES, B. O. y ELSON, H. A. (2002). Development of furnished cages for laying hens. *British Poultry Science* **43**: 489-500.
- BILCIK, B. y KEELING, L. J. (2000). Relationship between feather pecking and ground pecking in laying hens and the effect of group size. *Applied Animal Behaviour Science* **68**: 55-66.
- ESTÉVEZ, I., NEWBERRY, R. C. y DE REYNA, L. A. (1997). Broiler chickens: a tolerant social system. *Etología* **5**: 19-29.
- ESTEVEZ, I., NEWBERRY, R. C. y KEELING, L. J. (2002). Dynamics of aggression in the domestic fowl. *Applied Animal Behaviour Science* **76**, 307-325.
- ESTEVEZ, I., KEELING, L. y NEWBERRY, R.C.(2003).Decreasing aggression with increasing group size in young domestic fowl. *Applied Animal Behaviour Science* **84**, 213-218.
- ESTEVEZ, I. y CHRISTMAN, M. C. (2006). Analysis of the movement and use of space of animals in confinement: the effect of sampling effort. *Applied Animal Behaviour Science* **97**, 221-240.
- ESTEVEZ, I., MALLAPUR, A., MILLER, C. y CHRISTMAN, M. C. (2010). Short-and long-term movement patterns in complex confined environments in broiler chickens: The effects of distribution of cover panels and food resources. *Poultry science* **89**, 643-650.
- HUGHES, B. O. y DUNCAN, I. J. H. (1972).The influence of strain and environmental factors upon feather pecking and cannibalism in fowls. *British Poultry Science* **13**, 525-547.
- HUGHES, B. O., CARMICHAEL, N. L., WALKER, A. W. y GRIGOR, P. N. (1997). Low incidence of aggression in large flocks of laying hens. *Applied Animal Behaviour Science* **54**, 215-234.
- HURNIK, J. F.y LEWIS, N. J. (1991). Use of body surface area to set minimum space allowances for confined pigs and cattle. *Canadian Journal of Animal Science* **71**: 577-580.
- KEELING, L. J. y DUNCAN, I. J. H. (1989). Inter-individual distances and orientation in laying hens housed in groups of three in two different-sized enclosures. *Applied Animal Behaviour Science* **24**: 325-342.

- KEELING, L. (1995). Spacing behaviour and an ethological approach to assessing optimum space allocations for groups of laying hens. *Applied Animal Behaviour Science* **44**: 171-186.
- KEELING, L.J., ESTEVEZ, I., NEWBERRY, R.C. y CORREIA, M.G. (2003). Production related traits of layers reared in different sized flocks: the concept of problematic 'intermediate' group sizes. *Poultry Science* **82**: 1393-1396.
- LAY, D. C., FULTON, R. M., HESTER, P. Y., KARCHER, D. M., KJAER, J. B., MENCH, J. A. y PORTER, R. E. (2011). Hen welfare in different housing systems. *Poultry Science* **90**: 278-294.
- LEONE, E.N.H., ESTEVEZ, I. y CHRISTMAN, M. (2007). Environmental complexity and group size: effects on the use of space by domestic fowl. *Applied Animal Behaviour Science* **102**: 39-52.
- LEONE, E. H. y ESTEVEZ, I. (2008a). Use of space in the domestic fowl: separating the effects of enclosure size, group size and density. *Animal Behaviour* **76**: 1673-1682.
- LEONE, E. H. y ESTEVEZ, I. (2008b). Space use according to the distribution of resources and level of competition. *Poultry science* **87**: 3-13.
- MALLAPUR, A., MILLER, C., CHRISTMAN, M. C. y ESTEVEZ, I. (2009). Short-term and long-term movement patterns in confined environments by domestic fowl: Influence of group size and enclosure size. *Applied Animal Behaviour Science* **117**: 28-34.
- MCBRIDE, G. y FOENANDER, F. (1962). Territorial behaviour in flocks of domestic fowls. *Nature* **194**: 102.
- NEWBERRY, R. C. y HALL, J. W. (1990). Use of pen space by broiler chickens: effects of age and pen size. *Applied Animal Behaviour Science* **25**: 125-136.
- NEWBERRY, R. C. (1999). Exploratory behaviour of young domestic fowl. *Applied Animal Behaviour Science* **63**: 311-321.
- NICOL, C. J., GREGORY, N. G., KNOWLES, T. G., PARKMAN, I. D. y WILKINS, L. J. (1999). Differential effects of increased stocking density, mediated by increased flock size, on feather pecking and aggression in laying hens. *Applied Animal Behaviour Science* **65**: 137-152.
- PAGEL, M. y DAWKINS, M. S. (1997). Peck orders and group size in laying hens: futures contracts' for non-aggression. *Behavioural Processes* **40**: 13-25.
- RUSHEN, J. (1982). The peck orders of chickens: How do they develop and why are they linear? *Animal Behaviour* **30**: 1129-1137.
- SANCHEZ, C. y ESTEVEZ, I. (1998). The Chickitaizer, version 4. University of Maryland, College Park, USA.
- SPARKS, J. H. (1964). Flock structure of the red avadavat with particular reference to clumping and allopreening. *Animal Behaviour* **12**: 125-136.
- TAUSON, R. (1998). Health and production in improved cage designs. *Poultry Science* **77**: 1820-1827.
- WOOD-GUSH, D. G. M. (1971). The behaviour of the domestic fowl. Heinemann Educational Books Ltd. London, UK.
- ZIMMERMAN, P. H., LINDBERG, A. C., POPE, S. J., GLEN, E., BOLHUIS, J. E. y NICOL, C. J. (2006). The effect of stocking density, flock size and modified management on laying hen behaviour and welfare in a non-cage system. *Applied Animal Behaviour Science* **101**: 111-124.