

Relación entre el tamaño de grupo y el impacto de cambios en la apariencia fenotípica de ponedoras sobre la postura de huevos

R. H. MARIN^{1,2}, D. LÓPEZ¹, G. LISTE¹, I. CAMPDERICH¹ Y I. ESTEVEZ^{1,2,*}

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

²IKERBASQUE, Fundación Vasca para la Ciencia, Alameda Urquijo 36-5 Plaza Bizkaia, 48011 Bilbao. España

*Corresponding author: iestevez@neiker.net

Se ha observado que aves que son fenotípicamente diferentes de sus congéneres debido, por ejemplo, a variaciones naturales en la coloración de su plumaje se encuentran en mayor riesgo de ser picadas y posiblemente, canibalizadas. A su vez, el tamaño de grupo en el que se encuentran puede jugar un rol importante facilitando o no la expresión de comportamientos adaptativos a cada situación particular. Este trabajo evalúa si diferencias o cambios en el aspecto fenotípico de gallinas ponedoras de la línea Hy-Line Brown pueden afectar su producción de huevos y si estos efectos son dependientes de la frecuencia de aparición del fenotipo y/o del tamaño de grupo del lote. Un total de 1050 aves fueron asignadas a uno de 45 recintos experimentales en el que se alojaron grupos con 10, 20 o 40 individuos a densidad constante (8 gallinas/m²). En una primera etapa, dentro de cada grupo, la apariencia fenotípica del 0, 30, 50, 70 o 100% de los animales fue artificialmente modificada mediante una marca negra en la parte de atrás de la cabeza aplicada el día de llegada de las aves, permaneciendo el resto de los individuos sin marca. En una segunda etapa a las 34 semanas de edad, las aves de los grupos inicialmente homogéneos (0 y 100%) fueron alteradas fenotípicamente (marcadas o desmarcadas) en un 30 % mientras las aves de los grupos 30 y 70% permanecieron sin cambios y fueron usados como grupos control. En la primera etapa, en todos los recintos se alcanzaron valores similares de puesta de huevos. Sin embargo, 2 semanas después del cambio de fenotipo en el 30% de las gallinas, la producción media diaria por hembra y semana fue reducida significativamente ($P < 0,01$) en los recintos de 40 individuos con respecto a sus controles. Los recintos de 10 individuos no fueron afectados significativamente y los de 20 individuos mostraron un impacto intermedio. Interesantemente, tras un período de 4 semanas, los grupos que habían disminuido su producción de huevos mostraron valores similares a los iniciales previo a la alteración fenotípica. Los resultados pueden ser explicados considerando fenómenos de impronta y aprendizaje que afectan la dinámica social.

It has been observed that birds that are phenotypically different from their conspecifics due, for example, to natural variations in their plumage colour, are at risk of being pecked and possibly cannibalized. At the same time, their group size may play an important role facilitating or not the expression of adaptive behaviours for each particular situation. This study evaluates whether differences or changes in the phenotypic appearance of Hy-line Brown laying hens may affect their egg production and if so, whether these effects are dependent on the flock group size. A total of 1050 newly hatched birds were assigned to one of 45 experimental pens that housed them in group sizes of 10, 20 or 40 individuals (8 hens/m²). In a first phase of the study, within each group, the phenotypic appearance of 0, 30, 50, 70 or 100% of the birds was artificially altered by a black mark on the back of the head on the day of arrival, and the rest of the birds remained unmarked. In a second phase, at 34 weeks of age (adult hens), within the homogeneous groups (0 and 100%), 30% of the hens were either marked or unmarked. The hens within the heterogeneous groups of 30 and 70% marked birds remained unchanged and were used as

control groups. During the first phase, all groups showed similar egg production values. However, 2 weeks after changing the phenotypic appearance of 30% of the hens, the weekly hen-day-egg production showed a significant reduction ($P < 0.01$) in the pens of 40 individuals compared to their control counterparts. The pens of 10 hens were not affected by the phenotypic change and the pens of 20 individuals showed an intermediate impact. Interestingly, 4 weeks after the phenotypic change, all groups showed an egg production similar to that before the changes. The results can be explained considering imprinting and learning phenomenon affecting social dynamic.

Palabras claves: ponedoras; identificación; interacción social; tamaño de grupo.

Introducción

La industria avícola está permanentemente sometida a nuevos desafíos y cambios a los efectos de adaptarse a los intereses del mercado, a nuevas reglamentaciones y a lograr mejoras tanto en el bienestar como la productividad de las aves. Claramente, estos cambios pueden tener serias implicaciones económicas para la industria. Uno de los problemas fundamentales actuales deriva del hecho de que los sistemas de producción modernos, tanto en jaulas enriquecidas como en los diversos modelos de aviarios (con o sin salida a parques), las aves tienen mayor libertad comportamental (Appleby y Hughes, 1991), pero también más oportunidades para desarrollar interacciones sociales que, contrariamente a lo deseado, pueden redundar negativamente a distintos niveles incluyendo el bienestar, la salud y la productividad de las gallinas de puesta (Sossidou y Elson, 2009). Estos problemas, cuyo coste para la industria se mide en millones de Euros debido a pérdida de producción, incluyen fundamentalmente agresión, picaje de plumas y canibalismo, complicaciones que serán aún de mayor envergadura a las observadas actualmente si la legislación Europea llega a prohibir el corte de picos (práctica necesaria para el control de estos problemas), tal y como se especula que sucederá en un futuro no muy lejano (Elson, 2008). La aparición de comportamientos indeseados se relaciona con el número de animales por grupo, parámetro que, por otra parte, es fundamental a la hora de determinar el tipo de jaula enriquecida a utilizar en los sistemas productivos. Además, tanto en situaciones experimentales como en la práctica comercial, se ha observado que aves que son fenotípicamente diferentes de sus congéneres debido, por ejemplo, a variaciones naturales en la coloración de su plumaje se encuentran en mayor riesgo de ser picadas y posiblemente canibalizadas (Estevez et al., 2003; Dennis et al., 2008). A su vez, el tamaño del grupo en el que se encuentran puede jugar un rol importante facilitando o no la expresión de comportamientos adaptativos a cada situación particular (Bilcik and Keeling, 1999; Estevez et al., 2003; 2008). Todas estas alteraciones o cambios comportamentales pueden tener un impacto directo no solo sobre el bienestar de las aves sino también sobre su productividad (Jones 1996; Sossidou y Elson, 2009).

El objetivo de este trabajo es determinar si cambios en el aspecto fenotípico en ponedoras (Hy-Line Brown) pueden afectar la producción de huevos, y si estos efectos son dependientes de la frecuencia de aparición del fenotipo y del tamaño de grupo del lote. En una primera etapa se evaluaron los efectos del tamaño del grupo en poblaciones tanto de apariencia fenotípica homogénea como heterogénea desde su nacimiento. Se pretende determinar por un lado si variaciones en la composición fenotípica desde edad temprana pueden afectar a la dinámica del grupo, y en consecuencia a su productividad (producción de huevos) y por otro lado, si estos cambios potenciales tienen relación con el tamaño del grupo social del lote. En una segunda etapa y cuando las aves alcanzaron el pico de puesta, dentro de los grupos homogéneos se alteró la apariencia fenotípica de una proporción de sus individuos con el objeto de determinar si la aparición de dichos nuevos fenotipos puede desestabilizar al grupo impactando sobre su producción de huevos, y al igual que en la primera etapa, evaluando si dicho impacto puede ser dependiente del tamaño del grupo social del lote en el cual ocurre.

Materiales y Métodos

Mil cincuenta pollitas de la línea Hy-Line Brown fueron asignadas al azar a 45 recintos donde fueron alojadas en grupos de 10, 20 o 40 individuos (15 replicas/tratamiento). Un grupo extra de 150 aves fue alojado en un recinto suplementario y fue empleado para compensar las mortalidades que ocurrieron durante los 10 primeros días de edad. Todas las aves fueron mantenidas bajo la misma densidad (8 individuos/m²) por lo tanto, las dimensiones de los recintos fue diferente para cada tamaño de grupo (1,25m², 2,5m² y 5,00m², para tamaños de grupo de 10, 20 y 40, respectivamente). Las paredes de los recintos se recubrieron con plástico negro de 1 m de altura para evitar el contacto visual entre grupos y como cama se suministró aproximadamente 3 kg/m² de virutas de madera. Cada recinto fue provisto de bebederos automáticos y espacio para comederos proporcional al tamaño de grupo. Así, en todos los casos, el espacio de comedero (de tipo tolva) fue de 4 cm²/ave y 1 bebedero de tetina/5 aves. Agua y comida se suministraron *ad libitum* siguiendo estándares comerciales de acuerdo a la fase de cría. La iluminación, ventilación y temperatura fue controlada por un sistema computarizado. A los 10 días de edad, todas las aves fueron provistas de identificadores individuales mediante un papel laminado que fue fijado en las alas mediante la inyección de un filamento plástico bajo la piel empleando el sistema Swiftack (Heartland Animal Health Inc., Fair Play, MO). Cada identificador contenía la inscripción de dígitos que permitía la identificación de cada una de las aves del estudio (Cornetto y Estevez, 2001). Debido al crecimiento de las aves y su plumaje, los identificadores fueron cambiados por otros de mayor tamaño (5 cm x 5 cm) fijados a cada lado del cuello a las 8 semanas de edad. Antes del inicio de la postura de huevos, los corrales fueron provistos de espacios para nido proporcionalmente al tamaño de grupo. El cuidado de los animales fue provisto de acuerdo a la guía del comité institucional de uso y cuidado de animales.

El día de llegada de las pollitas la apariencia fenotípica de las aves correspondientes para cada uno de los recintos fue artificialmente modificada, de acuerdo al tratamiento asignado, por medio de una marca negra en la parte de atrás de la cabeza mediante un tinte no tóxico y siguiendo el procedimiento descrito por Dennis et al. (2008). Específicamente, dentro de cada recinto y para cada tamaño de grupo, el 0, 30, 50, 70 o el 100% de las aves fueron marcadas quedando así conformadas 3 réplicas para cada combinación de porcentaje de individuos con apariencia fenotípica alterada y tamaño de grupo. Todas las marcas fueron idénticas y en caso de ser necesario, las aves fueron remarcadas durante su crecimiento. Así, de acuerdo al aspecto externo de las aves, se constituyeron los siguientes tratamientos: grupos homogéneos con el 100% de los individuos no marcados (100NM), grupos homogéneos con el 100% de los individuos marcados (100M), grupos heterogéneos con el 30% de los individuos marcados y el 70% no marcados (30M y 70NM, respectivamente), grupos heterogéneos con el 50% de los individuos marcados y el otro 50% no marcados (50M y 50NM) y grupos heterogéneos con el 70% de los individuos marcados y el 30% no marcados (70M y 30NM, respectivamente). Todos los grupos permanecieron con la misma apariencia fenotípica hasta las 34 semanas de edad.

A las 34 semanas de edad (aves adultas en pico de postura) e independientemente del tamaño de grupo en el que se encontraban, en los grupos de fenotipos inicialmente homogéneos (100NM y 100M), la apariencia del 30% de sus individuos fue alterada mediante el marcado en la cabeza (empleando el mismo procedimiento descrito arriba) o mediante la eliminación de la marca que tenían (grupo 100M) por medio de un lavado por aproximadamente 30 min con una solución decolorante de O₂H₂. El 70% restante de los individuos dentro de esos grupos permanecieron con el mismo fenotipo asignado al inicio del estudio. Los grupos con aspecto inicialmente heterogéneo compuestos por 30M y 70NM y por 70M y 30NM, permanecieron con la misma composición fenotípica artificial hasta el final del estudio y fueron empleados como grupos control.

Para este trabajo, la producción diaria de huevos fue registrada en cada recinto durante 24 semanas comenzando el día en el que la primera ave realizó su primera oviposición (15 semanas de edad). Ese día fue considerado como número uno de puesta y semanalmente se calculó la producción diaria de huevos por gallina y recinto. En la primera etapa del estudio, también se determinó el inicio de la pubertad, y para cada uno de los recintos se calcularon las edades (días) de inicio de puesta y de llegada al 25% y al 50% de la producción diaria de huevos. A partir de los 10 días de edad las mortalidades no

fueron reemplazadas y aunque estas fueron muy bajas en su caso, la producción de huevos fue ajustada por el número de aves remanente en cada recinto.

Los datos de puesta de huevos se tomaron por recinto, calculándose la producción media diaria por hembra y semana. Estos valores medios se utilizaron para detectar diferencias durante la semana previa a la aplicación de los cambios fenotípicos y así como los datos de edad de primera puesta, 25 y 50% de puesta, se analizaron mediante un Modelo Mixto de Análisis de Varianza con tratamiento (100NM, 100M, 30M-70NM, 50M-50NM y 70M-30NM) y tamaño del grupo (10, 20 y 40) incluidos como factores fijos en el modelo. Las diferencias en producción media diaria por hembra tras el cambio fenotípico en el 30% de los individuos fue evaluado mediante el mismo modelo, aunque incorporando el tiempo transcurrido desde el cambio de apariencia fenotípica como medida repetida (semana anterior al cambio y semanas 1, 2, 3 y 4 siguientes a la introducción del cambio). El factor tratamiento en este caso estaba compuesto por 4 niveles (30M-70NM y 30NM-70M en los recintos con apariencia mantenida desde el inicio del estudio y 30M-70NM y 30NM-70M en los recintos con el 30% de las apariencias alteradas). En todos los análisis el recinto fue incluido en el modelo como efecto aleatorio. Cuando se detectaron efectos principales o interacciones significativas, la prueba de Fisher LSD fue empleada para la comparación de medias a posteriori. Una $P \leq 0,05$ fue empleada para determinar diferencias significativas.

Resultados y Discusión

Este trabajo evalúa si diferencias o cambios en el aspecto fenotípico de gallinas ponedoras de la línea Hy-line Brown pueden afectar su producción de huevos y si estos efectos son dependientes de la frecuencia de aparición del fenotipo y del tamaño de grupo del lote. Cuando las aves fueron asignadas desde su nacimiento a grupos de diferente tamaño y a su vez a recintos donde conformaban grupos de apariencia fenotípica homogénea (100M o 100NM) o heterogénea (30M-70NM, 50M-50NM o 70M-30NM), no se observaron efectos significativos del tamaño del grupo, de la apariencia fenotípica o de su interacción sobre las edades de inicio de postura, de llegada al 25% o al 50% de la producción diaria de huevos ni tampoco sobre la producción de huevos al final de esta primera etapa del estudio (34 semanas de edad) ($P > 0,05$, en todos los casos). Estudios realizados sobre aspectos de la dinámica comportamental de estas aves muestran que en general que hay una interesante diversidad de comportamientos afectados entre los grupos que incluyen agresión, actividad locomotora, acicalamiento, etc. (Campderich, Liste y Estevez, comunicación personal) lo que sugiere que la dinámica social de estos grupos puede claramente ser influenciada por la composición/proporción de fenotipos de los individuos que lo integran y además por el tamaño de grupo en el que se encuentran. Sin embargo, nuestros resultados sugieren que, si bien es posible que otros cambios a nivel biológico y/o comportamental puedan ser inducidos por las condiciones particulares de cría a la que fueron expuestas las aves en los diversos grupos sociales, cuando éstas condiciones en la dinámica social (ya sea de diversas apariencias fenotípicas o de tamaño de grupo) es impuesta desde una edad muy temprana (1 días de edad en nuestro caso), éstas no parecen tener un impacto directo sobre los parámetros de producción de huevos, al menos en éste estudio. Estos resultados pueden ser explicados por procesos tempranos de modulación de estructura social, aprendizaje y/o tolerancia dependiendo de la combinación particular de situaciones en cada caso (McBride, 1971; Keeling y Duncan, 1989; Jones, 1996; Estevez et al., 1997; Leone y Estevez, 2008; Leone et al. 2010) y que permiten un proceso de adaptación que atenúa las potenciales respuestas de estrés social que de otro modo podrían comprometer el desarrollo y maduración sexual e incluso hasta la capacidad reproductiva de alguno de los individuos de los grupos.

Contrariamente, cuando a las 34 semanas se introducen cambios en la apariencia fenotípica en los grupos inicialmente homogéneos (100NM y 100M) en los que se altera el 30% de los individuos, se observó una interacción significativa entre el efectos del cambio fenotípico y el tiempo transcurrido tras el cambio sobre la puesta ($F_{12,96} = 4.61$; $P < 0.001$). Además, se observó una interacción entre los efectos inducidos por el cambio fenotípico y el tamaño del grupo ($F_{6,24} = 3.63$; $P < 0.01$). Como era de esperar, el análisis a posteriori mostró que antes de introducir los cambios en la apariencia fenotípica, las aves de todos los grupos mostraban niveles de producción de huevos similares ($P > 0,05$). Sin embargo, tras la alteración de la apariencia fenotípica del 30% del grupo en grupos inicialmente homogéneos, se detectó un descenso generalizado en la producción diaria durante las dos semanas posteriores a la manipulación, mostrando valores significativamente menores en la segunda semana posterior a los cambios ($P < 0,01$). Posteriormente se observó una recuperación paulatina, alcanzando valores similares transcurridas 4 semanas de la manipulación. Es de destacar que dentro de los grupos manipulados, los de 40 individuos fueron los más afectados. El grupo donde el 30% fue marcado (30M-70NM) mostró una reducción ($P < 0,001$) en la postura de huevos de aproximadamente un 20% con respecto a su grupo control. Similarmente el grupo de aves donde el 30% fue desmarcado (70M-30NM) sufrió una reducción ($P < 0,001$) de aproximadamente un 15% con respecto a su control (Figura 1B). En los grupos de 20 individuos, solo se observó una reducción significativa ($P < 0,01$) en la postura de huevos en el grupo donde el 30% fue marcado no observándose diferencias entre el grupo donde el 30% fue desmarcado con respecto a su control (Figura 1A) y en los grupos de 10 individuos, no se observaron cambios en la postura de huevos debido a los tratamientos en ninguno de los grupos (datos no mostrados).

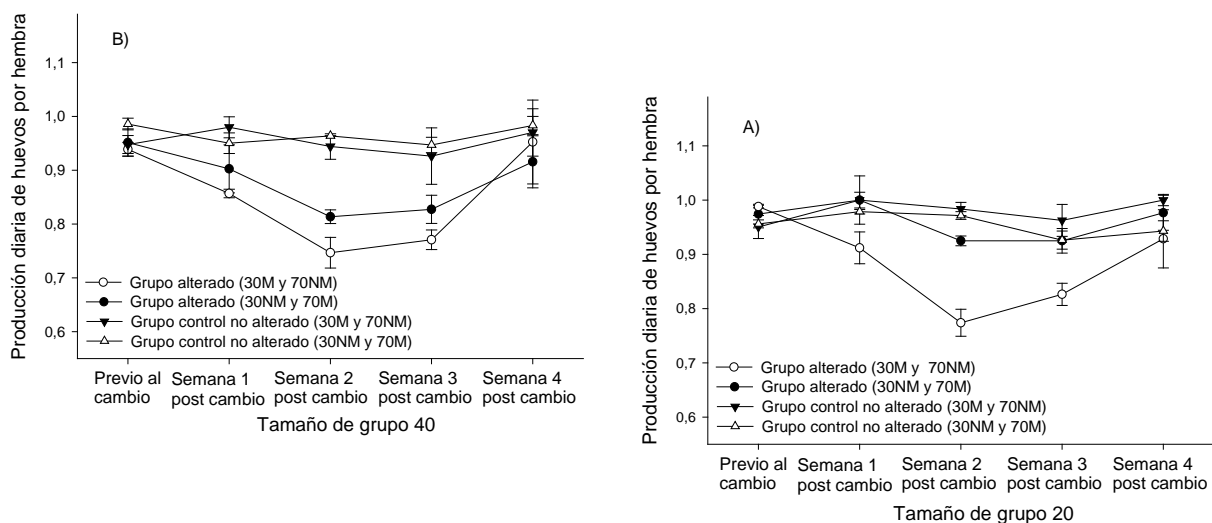


Figura 1. Producción diaria de huevos por hembra (\pm EE) luego de que la apariencia fenotípica del 30% de los individuos de los grupos fue alterada (marcadas o desmarcadas). M = marcado; NM = no marcado; 30 y 70 = 30 o 70 % de las aves dentro del grupo.

Los resultados mostrados son consistentes con los trabajos que proponen que la organización social de las gallinas ponedoras es dinámico, variando, dependiendo del tamaño de grupo, entre un sistema basado en el establecimiento de jerarquías (para grupos pequeños) y otro denominado “sistema tolerante” en grupos de mayor tamaño (Estevez et al., 1997; Estevez et al., 2003; Keeling et al., 2003). En el caso de las aves alojadas en grupos de 10, es posible que la perturbación de carácter social inducido por el cambio fenotípico en un 30% de su población haya incluido un restablecimiento de las jerarquías sociales, que normalmente lleva un corto período de tiempo establecer (Zayan, 1987; Bradshaw, 1992) y por lo tanto en condiciones de alta disponibilidad de recursos (libre acceso a agua y comida) como las empleadas en este estudio, aunque algunos cambios comportamentales pudieran ser observados, los individuos de estos grupos pequeños no se vieron significativamente afectados a nivel de la obtención y/o mantenimiento de los recursos necesarios para conservar a su máximo

potencial la tasa de postura. En los grupos de mayor tamaño y en particular en los grupos de 40 individuos, es posible que el impacto del cambio fenotípico haya llevado a un desajuste de la dinámica de grupo, donde el reordenamiento o adaptación a la nueva situación lleva más tiempo que en los grupos pequeños y por lo tanto, es posible que fenómenos de estrés social estén afectando la disponibilidad y/o el mantenimiento de los recursos necesarios para mantener la oviposición a los niveles previos. De hecho, numerosas publicaciones han mostrado asociaciones negativas entre estrés y crecimiento, producción de huevos, salud, etc. (Gross et al., 1984; Mcfarlane et al. 1989; Jones, 1996; Marin et al. 2002; Marin y Satterlee, 2006) lo cual no es sorprendente si consideramos que la activación de los mecanismos de defensa de las aves para hacer frente a los estresores, sea de la índole que sean, requiere del desvío/gasto de recursos energéticos que de otro modo podrían ser utilizados para mantener al máximo nivel los procesos biológicos mencionados. Interesantemente, tras un período de 4 semanas, los grupos que habían disminuido su producción de huevos mostraron valores similares a los iniciales previo a la alteración fenotípica, sugiriendo que un mes fue un tiempo suficiente para permitir el asentamiento de la dinámica social y revirtiendo los impactos negativos en producción de huevos observados en este plazo mediano.

Agradecimientos

Este proyecto fue financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad de España (AGL2010-18276, MODELAY), incluyendo salario de G.L. así como una beca de FPI de I.C.. Los autores agradecen el excelente apoyo de Iurancha 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. R.H.M. mantiene una licencia por año sabático del Instituto de Investigaciones Biológicas y Tecnológicas (CONICET-UNC), el Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICTA) y la Cátedra de Química Biológica de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Av. Vélez Sarsfield 1611 (5000), Córdoba, Argentina.

References

- APPLEBY, M. C. and B. O. HUGHES. 1991. Welfare of laying hens in cages and alternative systems: environmental, physical and behavioural aspects. *World's Poultry Science Journal* **47**: 111-128.
- BILCIK, B. L. and J. KEELING. 1999. Changes in feather condition in relation to feather pecking and aggressive behaviour in laying hens. *British Poultry Science*. **40**: 444-451.
- BRADSHAW, R. H. 1992. Conspecific discrimination and social preference in the laying hen. *Applied Animal Behaviour Science*. **33**: 69-75.
- CORNETTO, T. L. and I. ESTEVEZ. 2001. Influence of vertical panels on use of space by domestic fowl. *Applied animal Behaviour Science*. **71**: 141-153.
- DENNIS, R. L., R. C. NEWBERRY, H. W. CHENG and I. ESTEVEZ. 2008. Appearance matters: artificial marking alters aggression and stress. *Poultry Science*. **87**: 1939-1946.
- ELSON, H. A. 2008. Do extensive poultry systems really offer superior welfare? *Poultry International*. **47**: 10-14.
- ESTEVEZ, I., L. J. KEELING and R. C. NEWBERRY. 2003. Decreasing aggression with increasing group size in young domestic fowl. *Applied Animal Behaviour Science*. **84**: 213-218.
- ESTEVEZ, I., I. L., ANDERSEN, and E. NÆVDAL E. 2007. Group size, density and social dynamics in farm animals. *Applied Animal Behaviour Science*. **103**: 185-204.
- ESTÉVEZ, I., NEWBERRY, R. and ARIAS DE REYNA, L. 1997. Broiler chickens: a tolerant social system? *Etología*. **5**: 19-29.
- JONES, R. B. 1996. Fear and adaptability in poultry: insights, implications and imperatives. *World's Poultry Science Journal*. **52**: 131-174.
- KEELING, L. J. and DUNCAN, I. J. H. 1991. Social spacing in domestic fowl under semi natural conditions: the effect of behavioural activity and activity transitions. *Applied Animal Behaviour Science*, **32**: 205-217.

- KEELING, L. J., ESTÉVEZ, I., NEWBERRY, R. C. and 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.
- LEONE, E. H. and ESTEVEZ, I.** 2008. 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., CHRISTMAN, M. C., DOUGLASS, L. and ESTEVEZ, I.** 2010. Separating the impact of group size, density, and enclosure size on broiler movement and space use at a decreasing perimeter to area ratio. *Behavioural Processes*. **83**: 16-22.
- MCBRIDE, G.** 1971. Theories of animal spacing: the role of flight, fight and social distance. in: *Behavior and Environment* (By Esser, A.R. Ed.), pp 53-68. New York: Plenum Press.
- MARIN R.H., D.G. SATTERLEE, G.G. CADD and R.B. JONES.** 2002. T-maze behavior and early egg production in Japanese quail selected for contrasting adrenocortical responsiveness. *Poultry Science*. **81**: 981-986.
- MARIN, R.H. and D. G. SATTERLEE.** 2006. Differences in the onset of puberty in female Japanese Quail divergently selected for adrenocortical responsiveness. *Archivos de Zootecnia*. **55**: 195-202.
- SOSSIDOU E.N. and H.A. ELSON.** 2009. Hens' welfare to egg quality: a European perspective. *World's Poultry Science Journal*. **65**: 709-718
- ZAYAN, R.** 1987. An analysis of dominance and subordination experiences in sequences of paired encounters between hens. In: *Cognitive Aspects of Social Behaviour in the Domestic Fowl*. (R. Zayan and I. J. H. Duncan, Ed.) pp 182-320. Amsterdam, The Netherlands, Elsevier.