

Respuestas de gallinas ponedoras a diferentes densidades en jaulas y niveles de energía dietética

I. R. de Acosta^{1*}, A. Márquez-Araque² e I. Angulo³

Universidad del Táchira, San Cristóbal, Venezuela.

Response of layer hens to different densities in cages and dietary energy levels

ABSTRACT: Harco Sex Link layers were used to evaluate the effects of three population densities in cages (DPJ; 600, 480, and 450 cm²/hen) using cages of three sizes (30 x 40, 36 x 40, and 45 x 30 cm), in which were housed 2, 3, and 3 birds/cage, resulting in 15, 12, and 15 cm of lineal feeder space per bird, respectively; and two levels of dietary energy (NED; 2 600 and 2 800 kcal ME/kg) and their interaction, on feed consumption (ConA), laying percentage (PP), weight per egg (PH), and feed conversion (CA), in a 12-wk trial conducted at La Tuquerena Farm. A completely randomized design was used, with a factorial arrangement (3 x 2) and six replications per treatment. DPJ exerted effects ($P < 0.05$) on ConA and PP, the highest values (128.9 g/day and 65.4%) corresponding to the 600 cm² density, whereas PH and CA were not affected. NED did not affect ($P < 0.05$) ConA (although trend was to higher consumption at the lower NED) nor PP and PH; the higher NED gave better ($P < 0.05$) efficiency in CA (expressed as 2.36 vs. 2.59 kg feed/dozen eggs or 1.91 vs. 1.96 kg/kg). The DPJ-NED interaction affected ($P < 0.05$) ConA, PP and CA, but not PH (treatment means of which varied only between 64.2 and 62.3 g). Highest ConA (130.4 g/day) and PP (64.6%) were obtained with the combination 600 cm²/bird and 2 600 kcal/kg, lowest ConA (114.5 g) with 480-2 800 and lowest PP (52.1%) with 480-2 600. The best CA (kg/dozen) were 2.30 for 450-2 800 and 2.34 for 480-2 800 and the worst 2.67 (480-2 600) and 2.64 (450-2 600). The 2 600 energy level was satisfactory for use with the 600 cm²/hen density, but at the higher densities its use resulted in lower PP and poorer CA than the 2 800 kcal/kg level.

Key words: Caged layers, egg production, metabolizable energy, population density

©2002 ALPA. Todos los derechos reservados

Arch. Latinoam. Prod. Anim. 2002. 10(1): 1-6

RESUMEN: Se evaluaron tres densidades poblacionales en jaulas (DPJ; 600, 480 y 450 cm²/ave), usando jaulas de tres tamaños (30 x 40, 36 x 40 y 45 x 30 cm), alojando en ellas 2, 3 y 3 ponedoras Harco Sex Link/jaula, lo que resultó en 15, 12 y 15 cm/ave de espacio lineal de comedero, respectivamente; y dos niveles de energía dietética (NED; 2 600 y 2 800 kcal EM/kg) y su interacción, referente a los efectos sobre el consumo de alimento (ConA), porcentaje de postura (PP), peso por huevo (PH) y conversión alimenticia (CA). El experimento fue de diseño completamente aleatorizado, con arreglo factorial (3 x 2) y seis repeticiones por tratamiento y se realizó en la Granja La Tuquerena durante 12 semanas. Se detectó un efecto ($P < 0.05$) de DPJ sobre el ConA y PP, correspondiendo los mayores valores (128.9 g/día y 65.4%) a la menor DPJ; mientras PH y CA no fueron afectados. El NED no afectó ($P > 0.05$) ConA (aunque la tendencia fue a un mayor consumo al menor NED) ni PP y PH; el mejor NED promovió mayor ($P < 0.05$) eficiencia en CA (expresada como 2.36 vs. 2.59 kg de alimento/docena de huevos ó 1.91 vs. 1.96 kg/kg). La interacción DPJ-NED tuvo efecto ($P < 0.05$) en ConA, PP y CA, pero no en PH (cuyos promedios por tratamiento sólo variaron entre 64.2 y 62.3 g). El mayor ConA (130.4 g/día) y PP (64.6%) se obtuvo con la combinación 600 cm²/por ave y 2 600 kcal/kg, el menor ConA (114.5 g) con 480-2 800 y el menor PP (52.1%) con 480-2 600. Los mejores CA (kg/docena) fueron de 2.30 para 450-2 800 y 2.34 para 480-2 800 y las peores de 2.67 (480-2 600) y 2.64 (450-2 600). El NED 2 600 se mostró apto para uso con la DPJ 600 cm²/ave, pero a las mayores DPJ su uso resultó en menor PP y peor CA que el NED 2 800.

Palabras clave: Energía metabolizable, densidad poblacional, ponedoras en jaulas, producción de huevos

Recibido Abril 21, 2001. Aceptado Noviembre 15, 2001.

¹E-mail: iacosta@telcel.net.ve

²Facultad de Veterinaria, UCLA. Barquisimeto.

³INIA-CENIAP. Maracay, Venezuela.

Introducción

La producción de huevos, está influenciada por diferentes factores, entre los que se incluyen algunos inherentes al animal (genotipo) y otros externos e interrelacionados entre sí, tales como el clima, la nutrición, el manejo y la sanidad. De estos factores, la nutrición está involucrada directamente con todos los procesos fisiológicos que conducen a funciones reproductivas, crecimiento y síntesis de nuevos productos (Leclercq y Pérez, 1985).

El costo de la formulación energética representa cerca del 70% del valor del alimento (Sibbald, 1982), por eso, es conveniente establecer con rigor las necesidades y el valor energético de las materias primas y de los alimentos elaborados, para mejorar la eficiencia de las explotaciones (De Blas, 1997). Además, otros factores como el espacio físico disponible por ave tiene influencia en la producción, particularmente sobre el porcentaje de postura, peso de los huevos, consumo de alimento y conversión alimenticia (Kling *et al.*, 1985).

En relación al efecto del espacio físico o densidad de población, la literatura muestra ciertas inconsistencias. Algunos estudios han señalado que al aumentar la densidad ocurre una disminución en la producción de huevos (Kling *et al.*, 1985; Cunningham, 1988), disminución en el consumo (Lee y Moss, 1995) y reducción de la eficiencia alimenticia (Roush *et al.*, 1984; Adams y Craig 1985), mientras que en otros casos no se ha afectado la producción de huevos (Craig *et al.*, 1986a), ni el consumo (Carey, 1990), ni la eficiencia alimenticia (Ouart y Adams, 1982; Okpokho *et al.*, 1987).

Usualmente las explotaciones avícolas en Venezuela se rigen por recomendaciones en base a experiencias obtenidas en otras latitudes, por cuanto la información local es insuficiente o poco tomada en cuenta. Sin embargo, se requiere información local para realizar los ajustes necesarios, de acuerdo a las condiciones particulares de cada zona. Por lo tanto, se planteó esta investigación con el objeto de evaluar diferentes densidades en jaulas y niveles de energía dietética en el comportamiento productivo de gallinas ponedoras.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó durante los meses de enero, febrero y marzo en la granja La Tuquerena de la Universidad del Táchira, ubicada en el Municipio Junín, Edo. Táchira. La temperatura promedio de la zona es de 21.8°C, humedad relativa de 76.7%, y fotoperíodos constantes de 12 horas durante todo el año.

Un total de 96 gallinas del híbrido Harco Sex Link de 30 semanas de edad, con peso promedio de 2 100 g, se colocaron en jaulas de los tres tamaños 30 x 40, 36 x 40 y 45 x 30 cm en número de 2, 3 y 3 aves/jaula, con espacio lineal de comedero de 15, 12 y 15 cm/ave, respectivamente. El experimento duró 12 semanas, divididas en tres lapsos de 28 días cada uno. Se evaluaron las tres densidades en jaulas (600, 480 y 450 cm²/ave) y dos niveles de energía metabolizable (2 600 y 2 800 kcal/kg). El nivel de proteína se

mantuvo constante a 17%. El diseño fue completamente aleatorizado, con arreglo factorial (3 x 2) y seis repeticiones por tratamiento.

Las aves se pesaron al inicio, a la mitad y al final del experimento. Las dietas experimentales (Cuadro 1) se elaboraron en el Instituto de Investigaciones Zootécnicas (FONAIAP-Maracay). El alimento y agua se suministraron a voluntad. Se expusieron las gallinas a fotoperíodos de 17 horas de luz (12 de artificial y 5 de natural). Los huevos se recogieron dos veces al día, registrándose la postura.

Se determinó el consumo de alimento mediante la diferencia entre el ofrecido y el rechazado, con pesaje del segundo semanalmente.

El porcentaje de postura, se calculó como el número total de huevos puestos dividido por el largo del lapso en días. El primer día a la semana se pesaron los huevos y se obtuvo el peso promedio por lapso. Se calculó la conversión alimentaria por docena y por kilogramo de huevo.

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y pruebas de medias por el método de Duncan utilizando el paquete estadístico SAS (1985).

Resultados y Discusión

Consumo de alimento. El ConA fue afectado ($P < 0.05$) por la densidad poblacional (Cuadro 2) en los tres lapsos estudiados. El mayor consumo (128.9 g/día) se registró al mayor espacio (600 cm²/ave). Entre 480 y 450 cm²/ave no se detectaron diferencias significativas, aun cuando existió una ligera tendencia a mayor consumo a favor de este último (115.3 vs. 119.0 g/día).

La reducción en el consumo observada al disminuir el espacio de jaula o aumentar la densidad poblacional con-

Cuadro 1. Raciones experimentales con dos niveles de energía.

Ingredientes	Energía metabolizable	
	2 600	2 800
Harina de maíz	55.74	62.75
Harina de soya	16.81	22.00
Harina de pescado	2.47	3.00
Harina de carne y hueso	2.17	2.50
Afrecho de trigo	13.66	—
Carbonato de calcio	8.34	9.00
Premezcla vitamínica	0.50	0.50
Análisis Calculado		
Proteína (%)	16.99	17.9
Energía (kcal/kg)	2 610.00	2 822.00
Lisina (%)	0.93	1.285
Metionina (%)	0.26	0.26
Cistina (%)	0.25	0.29
Metionina + Cistina (%)	0.51	0.55
Calcio (%)	3.70	4.0

Cuadro 2. Efecto de la densidad en jaulas sobre consumo de alimento (g/día).

Densidad cm ² /ave	Lapsos de Postura			Experimento completo
	1	2	3	
600	128.1 ^a	130.4 ^a	128.3 ^a	128.9 ^a
480	116.3 ^b	114.4 ^b	115.3 ^b	115.3 ^b
450	119.5 ^b	118.5 ^b	118.0 ^b	119.0 ^b

Medias con letras distintas en la misma columna son diferentes (P < 0.05).

cuerda con los resultados de Coon y Peguri (1986) y Lee y Moss (1995); por el contrario Carey *et al.* (1995) obtuvieron mayor consumo cuando se aumentó la densidad de aves por jaula.

La tendencia a un mayor consumo por las aves alojadas al menor espacio con respecto al caso intermedio, puede deberse al mayor espacio de comedero disponible para aquellas (15 vs. 12 cm). En este sentido, Anderson y Adams (1992) han sugerido que el largo del comedero, tiene un mayor efecto sobre el consumo que el área/ave en jaulas, y las aves que disponen de mayor espacio de comedero tienden a consumir más alimento.

Con respecto al efecto del nivel de energía dietética, no se detectaron diferencias significativas entre los dos, si bien el consumo fue mayor al menor nivel de energía (122.4 vs. 119.7 g/día). Esto confirma muchos resultados anteriores, que señalan que uno de los factores que regulan el consumo la concentración de energía en la dieta (Coon y Peguri, 1986) y las aves aumentan la ingesta de alimento con menor concentración para mantener su equilibrio energético.

El efecto de la interacción energía metabolizable-densidad en jaulas sobre el consumo se presenta en el Cuadro 3.

Los mayores promedios de consumo diario (130.4 y 127.2 g) se obtuvieron con 600-2 600 y 600-2 800 (cm² - kcal/kg), siendo éstos diferentes (P < 0.05) a las otras combinaciones. El menor valor (114.5 g) correspondió al tratamiento 480 cm² 2 800 kcal/kg. Si bien el consumo tendió a variar inversamente con la concentración de energía de la dieta, es evidente que la densidad poblacional marcó una diferencia grande en el consumo. Esto se nota si se contrasta los consumos de 130, 116 y 120 g/día, alcanzados a diferentes densidades pero a igual nivel de energía (600-2600, 480-2600 y 450-2600 cm² kcal/kg, respectivamente).

Los menores consumos asociados con la densidad 480 cm²/ave y el nivel energético 2800 kcal/kg parecen estar más relacionados con el nivel de energía que con la densidad, lo cual pudiera indicar que con menor cantidad de alimento, las aves satisficieron sus necesidades energéticas, aun cuando contaron con menor espacio de comedero.

Porcentaje de Postura. Al analizar el efecto de la densidad poblacional (Cuadro 4) se observa que con 450 y 480 cm²/ave el PP se deprime (P < 0.05) en un 10 y 13 % con respecto a 600 cm²/ave. Entre 480 y 450 cm² no se registran diferencias significativas. La postura tiende a ser ligera-

Cuadro 3. Efecto de la relación energía metabolizable-densidad en jaulas sobre el consumo de alimento (g/día).

Densidad cm ² /ave	EM kcal/kg	Lapsos de postura			Experimento completo
		1	2	3	
600	2 600	129.6 ^a	131.2 ^a	130.6 ^a	130.4 ^a
600	2 800	126.6 ^a	129.6 ^a	126.0 ^a	127.2 ^a
480	2 600	116.9 ^c	115.4 ^c	116.1 ^b	116.1 ^b
480	2 800	115.7 ^c	113.4 ^c	114.5 ^c	114.5 ^b
450	2 600	120.8 ^b	120.6 ^b	120.7 ^b	120.7 ^b
450	2 800	118.2 ^b	116.5 ^b	117.3 ^b	117.3 ^b

Medias con letras distintas en la misma columna son diferentes (P < 0.05).

Cuadro 4. Efectos de la densidad en jaulas sobre el porcentaje de postura.

Densidad cm ² /ave	Lapsos de postura			Experimento completo
	1	2	3	
600	60.5 ^a	67.3 ^a	65.8 ^a	65.4 ^a
480	55.5 ^b	56.5 ^b	54.1 ^b	55.4 ^b
450	57.7 ^b	58.1 ^b	57.9 ^b	57.9 ^b

Medias con letras distintas en la misma columna son diferentes (P < 0.05).

mente mayor con 450 cm², lo cual pudiera estar asociado a mayor espacio de comedero.

En algunos casos se ha señalado que PP disminuye al incrementar el número de aves por unidad de área física (Satterlee *et al.*, 1985; Lee y Moss, 1995). Cuando las gallinas ponedoras son enjauladas en espacio demasiado limitado se producen incrementos en los niveles de corticoesteroides plasmáticos como resultado del nerviosismo, ocurre la pérdida de plumas y se deprime el comportamiento (Craig *et al.*, 1986b; Okpokho *et al.*, 1987). Se disminuye la tasa de postura como consecuencia del descenso de la tasa ovulatoria (Hester y Wilson, 1986).

Brake y Peebles (1992) observaron efectos inconsistentes de la densidad poblacional sobre la producción de huevos, mientras que Carey *et al.* (1995) no encontraron influencia de la densidad en los criterios productivos bajo las condiciones de su estudio.

En el Cuadro 5 se muestra el efecto de la combinación densidad-energía sobre los valores promedios del PP. Con la menor densidad (600 cm²) no se presentaron diferencias significativas entre los dos niveles de energía, pero los PP obtenidos fueron los mayores (64.6 y 64.1) para 2 600 y 2 800 kcal/kg, respectivamente). Con la intermedia y alta densidad los mayores PP corresponden al mayor nivel energético ($P < 0.05$). Es evidente que tanto la densidad de población como el nivel energético juntos tienen sus efectos en el PP. Cuando las gallinas tuvieron más espacio disponible la tasa de producción fue inde-

pendiente del nivel energético, pero al reducirse el espacio, respondieron mejor con el mayor nivel de energía dietética. Jackson y Waldroup (1988) señalan que el aumentar la densidad de nutrientes en la dieta ayuda a superar el efecto del limitado espacio de comedero asociado con una mayor población de aves en las jaulas. Keshavarz y Nakajima (1995) también obtuvieron incrementos en la producción de huevos al aumentar el nivel energético de la dieta.

Peso de Huevos. Por efecto de la densidad poblacional no se observan diferencias significativas, siendo los promedios PH obtenidos con 600, 480 y 450 cm²/ave 63.5, 62.8 y 63 g, respectivamente. Otros investigadores también han señalado que el PH no se ve influenciado por la densidad en jaulas (Brake y Peebles, 1992; Carey *et al.*, 1995; Lee y Moss, 1995).

En lo que respecta al nivel de energía, los valores de PH fueron 63.6 y 62.3 g para 2 600 y 2 800 kcal/kg, respectivamente, sin diferencia significativa. Summers y Leeson (1993) tampoco observaron efectos beneficiosos en el PH al aumentar la concentración de energía de 2 600 a 2 900 kcal EM/kg durante un período de 16 a 55 semanas de postura.

El PH no varió significativamente con la combinación densidad-energía (Cuadro 6), aun cuando se obtienen huevos ligeramente más pesados con las combinaciones que incluyen el menor nivel de energía. Esto señala que el PH está influenciado por otros factores como la edad de la gallina y programa de luz más que por la relación densidad en jaulas-energía metabolizable.

Cuadro 5. Efectos de la relación energía metabolizable-densidad en jaulas sobre el porcentaje de postura.

Densidad cm ² /ave	EM kcal/kg	Lapsos de postura			Experimento completo
		1	2	3	
600	2 600	61.6 ^a	67.0 ^a	65.4 ^a	64. ^a
600	2 800	58.5 ^a	67.6 ^a	66.3 ^a	64.1 ^a
480	2 600	52.5 ^b	53.3 ^b	50.7 ^b	52.1 ^b
480	2 800	58.5 ^a	59.7 ^a	57.6 ^b	58.6 ^a
450	2 600	51.9 ^a	54.3 ^a	55.3 ^a	54.9 ^b
450	2 800	60.4 ^a	61.9 ^a	60.6 ^a	60.9 ^a

Medias con letras distintas en la misma columna son diferentes ($P < 0.05$).

Cuadro 6. Efecto de la relación energía metabolizable-densidad en jaulas sobre el peso por huevo (g).

Densidad cm ² /ave	Energía (kcal/kg)	Lapsos de postura			Experimento completo
		1	2	3	
600	2 600	63.0	65.3	64.3	64.2
600	2 800	63.0	61.9	63.6	62.8
480	2 600	61.6	63.8	63.8	63.1
480	2 800	62.6	61.8	63.4	62.6
450	2 600	63.3	64.7	63.8	63.7
450	2 800	59.8	63.0	64.0	62.3

Conversión Alimenticia. En el Cuadro 7 se muestra el efecto de la combinación densidad en jaula nivel de energía sobre la CA expresada en kilogramos de alimento/docena de huevos. Los valores promedio más altos de 2.64 y 2.67, que no difirieron entre sí ($P > 0.05$), corresponden a las densidades baja e intermedia con el menor nivel de energía (450-2600 y 480-2 600 cm^2 -kcal/kg, respectivamente). Los mejores (más bajos) promedios de CA (2.30 y 2.34) se obtuvieron con el mayor nivel energético e intermedio o alta densidad (480-2 800 y 450-2 800 cm^2 -kcal/kg, respectivamente). Estos resultados están en conformidad con la conocida predisposición a obtener mejores conversiones con los más altos niveles energéticos. Este hecho se observa con mayor claridad al analizar por separado el efecto de la energía (Cuadro 8), siendo el mejor valor de CA (2.36) al mayor nivel de energía (2 800 kcal/kg). No sucede lo mismo con relación a las densidades poblacionales, entre las cuales no se registraron diferencias

significativas. Esto concuerda con los resultados de Carey *et al.* (1995), pero difiere de los de Lee y Moss (1995), quienes encontraron una pobre eficiencia alimenticia en gallinas alojadas a una mayor densidad.

Al expresar la CA en términos de peso de alimento/peso de huevos (Cuadro 9) se obtienen mejores valores de conversión que con el criterio anterior. Las mejores conversiones (1.83 y 1.84) se registran con la densidad 480 cm^2 a ambos niveles de energía para (2 800 y 2 600 kcal/kg, respectivamente).

Al estudiar por separado el efecto de la energía, se mantiene la tendencia a mejor CA ($P < 0.05$) al mayor nivel de energía, siendo 1.91 y 1.96 a 2 800 y 2 600 kcal/kg, respectivamente.

La densidad en jaulas también tuvo un efecto sobre este segundo criterio de CA, registrándose los mejores valores (1.84 y 1.89) con 480 y 450 cm^2 , los cuales difirieron significativa-

Cuadro 7. Efecto de la relación energía metabolizable-densidad en jaulas sobre la conversión alimenticia (kg/docena).

Densidad cm^2/ave	Energía (kcal/kg)	Lapsos de postura			Experimento completo
		1	2	3	
600	2 600	2.54 ^b	2.35 ^c	2.40 ^b	2.43 ^b
600	2 800	2.60 ^b	2.30 ^d	2.28 ^d	2.39 ^c
480	2 600	2.67 ^a	2.60 ^b	2.75 ^a	2.67 ^a
480	2 800	2.37 ^c	2.28 ^d	2.39 ^b	2.34 ^c
450	2 600	2.63 ^a	2.67 ^a	2.62 ^a	2.64 ^a
450	2 800	2.34 ^c	2.26 ^d	2.32 ^c	2.30 ^c

Medias con letras distintas en la misma columna son diferentes ($P < 0.05$).

Cuadro 8. Efecto de nivel de energía metabolizable sobre conversión alimenticia (kg/docena).

Energía kcal/kg	Lapsos de Postura			Experimento completo
	1	2	3	
2 600	2.63 ^a	2.54 ^b	2.59 ^a	2.59 ^a
2 800	2.44 ^b	2.31 ^b	2.33 ^b	2.36 ^b

Medias con letras distintas en la misma columna son diferentes ($P < 0.05$).

Cuadro 9. Efecto de la relación energía metabolizable-densidad en jaulas sobre la conversión alimenticia (kg/kg de huevos).

Densidad cm^2/ave	Energía (kcal/kg)	Lapsos de postura			Experimento completo
		1	2	3	
600	2 600	2.05 ^a	2.01 ^b	2.03 ^a	2.03 ^a
600	2 800	2.00 ^b	2.09 ^{ad}	1.98 ^a	2.02 ^a
480	2 600	1.80 ^c	1.81 ^{cb}	1.82 ^b	1.84 ^b
480	2 800	1.85 ^c	1.83 ^c	1.81 ^b	1.83 ^b
450	2 600	1.90 ^c	1.86 ^c	1.89 ^b	1.88 ^b
450	2 800	1.86 ^c	1.86 ^c	1.81 ^b	1.83 ^b

Medias con letras distintas en la misma columna son diferentes ($P < 0.05$).

mente del valor de 2.03 obtenido con 600 cm². Este resultado puede ser explicado porque al mayor espacio de jaula el consumo es mayor y ocurre un mayor desperdicio de alimento.

Conclusiones

El consumo de alimento fue significativamente mayor a la menor densidad poblacional en jaulas y tendió a ser mayor cuando el espacio lineal al comedero fue mayor y el nivel de energía dietética menor.

El porcentaje de postura fue beneficiado por la menor densidad poblacional y por el mayor nivel de energía dietético al combinar éste con las mayores densidades poblacionales.

Los tratamientos no afectaron el peso por huevo. La conversión de alimento en huevo fue más eficiente al mayor nivel de energía dietética y menos eficiente a la menor densidad poblacional.

Literatura Citada

- Adams, A. W., and J. V. Craig. 1985. Effects of crowding and cage shape on productivity and profitability of caged layers. A Survey. *Poultry Sci.* 64:238-242.
- Anderson, K. F., and A. W. Adams. 1992. Effect of rearing density and feeder and waterer space on the productivity and fearful behavior of layers. *Poultry Sci.* 71:53-58.
- Brake, J. D., and E. D. Peebles. 1992. Laying hen performance as affected by diet and caging density. *Poultry Sci.* 71:945-950.
- Carey, J. B. 1990. The influence of cage population on the productive performance of the three strains of layers. *Poultry Sci.* 69(Suppl.1):30 (Abstr.).
- Carey, J. B., F. L. Kuo, and K. E. Anderson. 1995. Effects of cage population on the productive performance of layers. *Poultry Sci.* 74:633-637.
- Coon, C. N. and A. Peguri. 1986. Prediction of feed intake for layers. 46th Minnesota Nutrition Conference.
- Craig, J. V., J. A. Craig, and J. Vargas-Vargas. 1986a. Corticoesteroids and other indicators of hens' well-being in four laying-house environments. *Poultry Sci.* 65:856-863.
- Craig, J. V., J. Vargas-Vargas, and G. A. Milliken. 1986b. Fearful, and associated response of White Leghorn hens: Effects of cage environments and genetic stocks. *Poultry Sci.* 2:199-2207.
- Cunningham, D. L. 1988. Effects of population size and cage area on agonistic activity and social structure of White Leghorn layers. *Poultry Sci.* 67:198-204.
- De Blas, C. 1997. Necesidades energéticas de las gallinas ponedoras. En: C. De Blas, y G. González (Ed). *Nutrición y Alimentación de Gallinas Ponedoras*. Editorial Mundi-Prensa, Madrid. pp. 145-159.
- Hester, P. Y., and E. K. Wilson. 1986. Performance of white leghorn hens in response to cage density and introduction of cage mates. *Poultry Sci.* 65:2029-2033.
- Jackson, M. E., and P. W. Waldroup. 1988. The effect of dietary nutrients and number of hens per cage on layer performance in two different cage types. *Nutr. Rep. Int.* 37:1027-1035.
- Keshavarz, K. and S. Nakajima. 1995. The effect of dietary manipulations of energy, protein, and fat during the growing and laying periods on early egg weight and egg components. *Poultry Sci.* 74:50-61.
- Kling, L. J., R. O. Hawes, R. W. Gerry, and W. A. Haltman. 1985. Effects of early maturation of brown egg-type pullets, flock uniformity, layer protein level, and cage design on egg production, egg size and egg quality. *Poultry Sci.* 64: 1050-1059.
- Leclercq, B. y J. Pérez. 1985. Alimentación de los animales monogástricos. INRA. Francia. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. p. 55.
- Lee, K. and C. W. Moss. 1995. Effects of population density on layer performance. *Poultry Sci.* 74:1754-1760.
- Okpokho, N. A., J. V. Craig, and G. A. Milliken. 1987. Density and group size effects on caged hens of two genetic stocks differing in escape and avoidance behavior. *Poultry Sci.* 66:1905-1910.
- Ouart, M. D. and A. W. Adams. 1982. Effects of cage design and bird density on layers. 1. Productivity, feathering and nervousness. *Poultry Sci.* 61:1606-1613.
- Roush, W. B., M. M. Mashaly, and H. B. Graves. 1984. Effect of increased bird population in a fixed cage area on production and economic response of single Comb White Leghorn laying hens. *Poultry Sci.* 63:45-48.
- SAS Institute. 1985. SAS/STAT, Guide for personal Computers. Version 6. Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Satterlee, D. G., A. C. Goodling, and D. C. Huffman, 1985. An economic analysis of performance data from toe clipped laying hens housed at variable stocking densities. *Poultry Sci.* 64: 1424-1429.
- Sibbald, I. R. 1982. Measurement of bioavailable energy in poultry feedingstuffs: a review. *Can. J. Anim. Sci.* 62:983-1048.
- Summers, J. D. and S. Leeson. 1993. Influence of diets varying in nutrient density on the development and reproductive performance of White Leghorn pullets. *Poultry Sci.* 72:1500-1509.