

DIFERENCIAS EN EL INICIO DE LA PUBERTAD EN HEMBRAS DE CODORNICES JAPONESAS SELECCIONADAS POR UNA RESPUESTA ADRENOCORTICAL DIVERGENTE*

DIFFERENCES IN THE ONSET OF PUBERTY IN FEMALE JAPANESE QUAIL DIVERGENTLY SELECTED FOR ADRENOCORTICAL RESPONSIVENESS

Marín, R.H.¹ y D.G. Satterlee²

¹Cátedra de Química Biológica e ICTA. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. Autor para correspondencia. E-mail: rmarin@efn.uncor.edu

²AABL. Department. of Animal Sciences. Louisiana State University Agricultural Center. Louisiana State University. Baton Rouge. LA 70803, EEUU.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Estrés. Postura de huevos.

ADDITIONAL KEYWORDS

Stress. Egg lay.

RESUMEN

Dos líneas de codornices fueron seleccionadas por una alta o baja respuesta de corticosterona plasmática a un estrés agudo por inmovilización (LARCP y LBRCP respectivamente). El objetivo fue determinar si la selección ha alterado el inicio de la postura de huevos en hembras LARCP, LBRCP y una línea control reproducida al azar. La producción de huevos fue monitoreada en 12 grupos de cada línea (36 en total) desde la primera oviposición (44 días de edad) y durante las 10 primeras semanas de postura. Se determinaron las edades de primera oviposición y a la que alcanzaron el 25 p.100 de la producción. Además, semanalmente se calculó la producción diaria de huevos (PDH). La edad de inicio de postura fue más elevada en las aves LARCP comparado con los controles (51,6 vs 49,4 días, respectivamente) mientras que las hembras LBRCP mostraron un valor intermedio

*Approved for publication by the Director of the Louisiana Agricultural Experiment Station as manuscript Number 06-18-0180.

(50,0 días) que no fue significativamente diferente de los otros grupos. La edad a la que alcanzaron el 25 p.100 de la producción fue también más elevada en las aves LARCP (67,4 días) comparado con los controles (62,7 días). Las aves LBRCP mostraron una edad significativamente menor (60,9 días) que los otros grupos. Diferencias similares entre los grupos también se reflejaron en la PDH en las 3 primeras semanas de postura. Los resultados sugieren que un programa de reproducción selectiva podría acelerar o retrasar el inicio de la pubertad si se incluyen fenotipos respectivamente de baja o alta respuesta adrenocortical ante estresantes agudos.

SUMMARY

Two quail lines have been selected for either a high or low plasma corticosterone response to brief mechanical restraint (HPCR or LPCR respectively). The present study assesses

Arch. Zootec. 55 (210): 195-202. 2006.

whether divergent selection altered the onset of puberty in females of HPCR, LPCR and a random-bred (RB, control) line. Egg production was monitored in 12 pens from each of the three lines (10 females in each pen) from the age at which the first egg was laid by any of the hens (44 days of age). Hen-day egg production (HDEP) was then calculated on a weekly basis for 10 wk of lay and the onset of puberty was assessed by calculation of the average ages at first egg lay and at 25 p.100 egg production. Age at first egg was elevated ($p < 0.05$) in HPCR quail compared to controls (51.6 days vs. 49.4 days, respectively) while LPCR hens showed a value (50.0 days) intermediate to, and not statistically different from, the RB or the HPCR hens. Age at 25 p.100 egg production was also elevated ($p < 0.05$) in the HPCR line (67.4 days) than in the RB (62.7 days) while LPCR birds reach that index at an earlier age (60.9 days) than the other groups. Similar differences between groups were also reflected in their weekly HDEP means calculated in the first three weeks of lay. The present results suggest that the attainment of puberty would be either accelerated or compromised if a selection program included a low or high stress responsiveness phenotype respectively.

INTRODUCCIÓN

Numerosos estudios han documentado los efectos negativos de una estimulación estresante sobre la productividad de aves de corral (Jones, 1996). Virtualmente todos los indicadores de desempeño productivo pueden ser adversamente afectados por el estrés, incluyendo la producción y calidad de los huevos (Jones, 1996; Petitte y Etches, 1991).

La reproducción selectiva o selección genética, ha demostrado ser un método efectivo para eliminar características indeseables o promover las

deseables en la producción de aves y puede ser empleada como una forma extra, o incluso alternativa a las prácticas actuales que se usan para minimizar la percepción del estrés en la avicultura. Al respecto, dos líneas divergentes de codornices han sido seleccionadas por una alta o baja respuesta de corticosterona plasmática a un estrés agudo por inmovilización (LARCP o LBRCP respectivamente) (Satterlee y Johnson, 1988). Los trabajos realizados con esas líneas de aves han demostrado que las aves LBRCP en comparación con las LARCP presentan numerosas características deseables (desde el punto de vista productivo y de mejora del bienestar animal) mostrando una temerosidad reducida, una mayor sociabilidad y ante una exposición secuencial a estresores, un menor incremento no específico en las respuestas de estrés, una fortaleza de huesos menos severamente comprometida y una menor reducción en el peso corporal (Satterlee y Johnson, 1988; Satterlee y Roberts, 1990; Jones *et al.*, 2000, 2002, 2004; Satterlee *et al.*, 1993; Jones y Satterlee, 1996; Satterlee *et al.*, 2000). Recientemente se observó en los machos un desarrollo sexual acelerado y con un comportamiento sexual más eficiente en las aves LBRCP (Satterlee *et al.*, 2002; Marín y Satterlee, 2003; 2004; Satterlee y Marín, 2004) y una pubertad acelerada en una subpoblación particular de hembras LBRCP que presentaban a su vez un alto desempeño en un laberinto en T (Marín *et al.*, 2002).

El presente estudio tiene por objetivo determinar si la reproducción selectiva ha alterado el inicio de la postura de huevos (edad a la que alcanzan la

PUESTA EN CODORNICES DE RESPUESTA ADRENOCORTICAL DIVERGENTE

pubertad) en hembras LARCP y LBRCP comparado con la línea control.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se emplearon codornices Japonesas (*Coturnix japonica*) hembras de las líneas LARCP y LBRCP seleccionadas respectivamente por su alta o baja respuesta de corticosterona plasmática ante un estresor mecánico por inmovilización durante 5 min (cuartiles superior e inferior respectivamente) y aves de una línea control reproducida al azar (Satterlee y Johnson 1988). Un estudio hasta la generación (G) 24 (Satterlee *et al.*, 2000) confirmó el mantenimiento de la respuesta adrenocortical divergente (comparado con la línea control). Las líneas permanecieron sin presión selectiva durante las G25 y G26. La presión selectiva fue reimpuesta para producir la G27 donde se observó una respuesta a la inmovilización de $14,7 \pm 0,3$ y $6,3 \pm 0,2$ ng/ml en las líneas LARCP y LBRCP respectivamente (ambas significativamente diferentes del control). Las líneas fueron reproducidas por otras dos generaciones hasta ser empleadas en el presente estudio (G29). Debe ser notado que mediciones recientes en generaciones posteriores al presente estudio confirman que diferencias entre las líneas aún existen (Hayward *et al.*, 2005). Para mayor detalle de la historia de la selección o características genéticas dirigirse a Satterlee *et al.* (2002) y Odeh *et al.* (2003a,b).

Las aves estudiadas (n= 120 hembras por línea, ver abajo) fueron obtenidas

de un nacimiento de 1884 individuos (607 LBRCP, 666 controles y 611 LARCP). Los detalles de incubación, cría, alimentación y régimen de iluminación son similares a los descritos en (Jones y Satterlee, 1996) con la excepción de que las aves fueron criadas desde su nacimiento en grupos de aproximadamente 100 individuos que contenían representantes de las 3 líneas alojados en compartimentos de 102 x 64 x 20 cm (largo x ancho x alto) en baterías de cría Petersime modelo 2SD-12 para codornices. Con el objeto de mantener la identidad de las aves a lo largo del estudio, al momento del nacimiento, las mismas fueron provistas de bandas numeradas en las patas (un color para cada línea) que fueron reemplazadas por bandas en las alas a los 21 días de edad.

A los 32 días de edad, las codornices fueron sexadas de acuerdo a la coloración del plumaje y grupos de 10 hembras y 5 machos de una misma línea fueron alojados en 36 jaulas (12 LBRCP + 12 LARCP + 12 controles). Alimento para reproductores (21 p.100 CP; 2,750 kcal ME/kg) y agua fueron provistos libremente. El régimen de iluminación fue de 14:10 horas luz:oscuridad con una intensidad de aproximadamente 280 lux. Las tareas de mantenimiento fueron realizadas a la misma hora todos los días (08:00 horas).

La producción diaria de huevos y el número de hembras presentes en cada jaula fue registrado diariamente durante 10 semanas comenzando el día en que se observó la primera oviposición en el conjunto total de aves (44 días de edad). Cada jaula fue tomada como una unidad experimental y por lo

Archivos de zootecnia vol. 55, núm. 210, p. 197.

tanto se realizaron 12 réplicas en cada una de las 3 líneas. Las aves que murieron durante el período de estudio no fueron remplazadas y el número de huevos puestos con respecto al número de hembras presentes en cada jaula fue ajustado diariamente.

De acuerdo al registro de postura, dos medidas indicativas del inicio de la pubertad fueron calculadas diariamente para cada una de las 36 jaulas: 1) la edad de primera oviposición (considerada cuando se observó la primera oviposición en cada una de las jaulas); 2) la edad a la que alcanzaron el 25 p.100 de la producción. La producción fue calculada según la fórmula:

$$\text{Producción (p.100)} = 100 \times \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{H_i}$$

h= número de oviposiciones;

H= número de hembras presentes en la jaula;

N= número total de días transcurridos desde el inicio del registro de datos;

i= día de registro;

n= último día de registro.

Además, la producción diaria de

huevos fue calculada al término de cada una de las 10 semanas del estudio.

Para determinar diferencias en los índices de pubertad (edad en que iniciaron la postura y edad a la que alcanzaron el 25 p.100 de la producción de huevos), se empleó un ANOVA de una vía que evaluó los efectos del factor Línea de codorniz (bajo estrés, alto estrés y control) seguido de la prueba de comparación de medias a posteriori LSD. Las diferencias entre las líneas en la producción diaria de huevos semanal fueron analizadas mediante un modelo de ANOVA para muestras repetidas donde se evaluaron los efectos del factor línea de codorniz (que evalúa las diferencias entre los grupos de bajo estrés, alto estrés y control) y el factor de repetición (que evalúa las variaciones en la variable dependiente a lo largo de las 10 semanas de postura). La prueba LSD fue empleada para la comparación de medias a posteriori. Un valor de $p < 0,05$ fue considerado indicador de diferencias significativas.

Tabla I. Edades (días) a las que las líneas de codornices de baja y alta respuesta de corticosterona plasmática (LBRCP y LARCP respectivamente) y control iniciaron la postura de huevos y alcanzaron el 25 p.100 de la producción (medias \pm error estándar). (Age (days) at first egg lay and at 25 percent egg production in low and high adrenocortical responsiveness quail lines and their controls (mean \pm standard error)).

	Línea de codorniz		
	LBRCP	LARCP	Control
Índice			
Inicio de postura	50.00 \pm 0.72 ^{a,b}	51.58 \pm 0.56 ^a	49.42 \pm 0.71 ^b
25 p.100 producción	60.92 \pm 0.48 ^a	67.42 \pm 1.62 ^b	62.42 \pm 0.95 ^c

Para cada índice, las letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Archivos de zootecnia vol. 55, núm. 210, p. 198.

PUESTA EN CODORNICES DE RESPUESTA ADRENOCORTICAL DIVERGENTE

RESULTADOS

Las aves LBRCP no mostraron diferencias significativas en la edad de inicio de la postura de huevos con respecto a los grupos control y LARCP (**tabla I**), mientras que alcanzaron el 25 p.100 de la producción de huevos significativamente 1,5 días ($p < 0,05$) y 6,5 días ($p < 0,001$) antes que las aves controles y LARCP respectivamente. Las aves LARCP entraron en la pubertad a una edad mayor ($p < 0,05$) que las controles (una diferencia promedio

de 2,2 días en la edad de inicio de la postura y de 5,0 días en la edad a la que alcanzaron el 25 p.100 de la producción de huevos, **tabla I**).

Diferencias similares entre los grupos también fueron reflejadas en las medias de producción diaria de huevos calculada para las 3 primeras semanas de estudio. Las aves LARCP mostraron valores menores que las otras líneas en la primera ($p < 0,01$ vs control), segunda ($p < 0,05$ vs control y $p < 0,001$ vs LBRCP) y tercera semana de postura ($p < 0,01$ vs LBRCP). Las aves

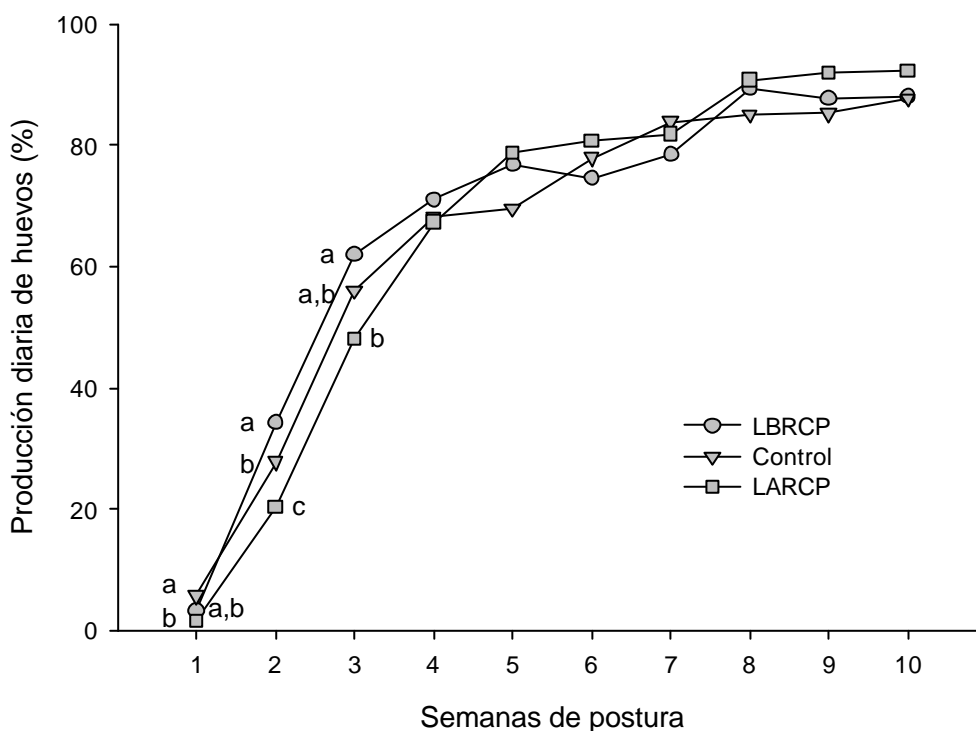


Figura 1. Media semanal de la producción diaria de huevos en líneas de codornices de alta y baja respuesta corticosterona plasmática (LARCP y LBRCP respectivamente) y control. Dentro de cada semana, las letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$). (Weekly mean hen-day egg production in low and high adrenocortical responsiveness quail lines and their controls. Within each week, different letters represent significant differences ($p < 0.05$)).

LBRCP mostraron valores de producción mayores que las otras líneas en la segunda ($p < 0,03$ vs control y $p < 0,001$ vs LARCP) y en la tercer semana de postura ($p < 0,01$ vs LARCP) (**figura 1**). No se observaron diferencias significativas entre los grupos en la producción de huevos a partir de la 4ª semana de estudio (**figura 1**).

DISCUSIÓN

Las aves LBRCP si bien no mostraron diferencias significativas en la edad de inicio de la postura de huevos con respecto al grupo control y LARCP, claramente alcanzaron el 25 p.100 de la producción de huevos a una edad menor que dichos grupos (**tabla I**). Esto indica que la selección por baja respuesta de corticosterona plasmática podría estar ayudando a acelerar la producción inicial de huevos o al menos no la afecta negativamente. Por el contrario, las aves LARCP en comparación con las aves controles, claramente experimentaron un retraso en la edad de inicio de la postura de huevos y en la edad a la que alcanzaron el 25 de la producción. Los resultados sugieren que un programa de reproducción selectiva en aves de granja podría acelerar o retrasar el inicio de la pubertad si se incluyen fenotipos respectivamente de baja o alta respuesta adrenocortical ante estresantes agudos.

Es importante destacar que las líneas de codornices empleadas en este trabajo no fueron intencionalmente estresadas, sin embargo, es esperable que durante el estudio haya ocurrido una respuesta adrenocortical diferencial entre las líneas debido a sus caracte-

terísticas genéticas. Por ejemplo, una respuesta de estrés fue anticipada cuando se realizaron las tareas de mantenimiento (reaprovisionamiento diario de los comederos, remoción y limpieza de las bandejas de recolección de deposiciones), durante la manipulación al nacimiento (captura, transporte, colocación de las bandas de identificación, alojamiento en las jaulas), modificación de la estructura social (cuando fueron realojados en las jaulas experimentales), etc. De este modo, la etiología del postergado desarrollo sexual de las hembras de alto estrés podría ser el producto de una mayor respuesta adrenocortical ante estresores de la cría cotidiana o quizás, a otras características que presentan las aves LARCP como por ejemplo, una mayor temerosidad o una menor sociabilidad (Jones *et al.*, 1992a; 1992b; 1994; 1999; 2002; Marín *et al.*, 2002; Marín y Satterlee, 2003; 2004).

En ratas, se considera que la actividad adrenocortical funciona como el reloj disparador del desarrollo de la pubertad debido a que una adrenalectomía retrasa el desarrollo sexual (un efecto dependiente de la edad) mientras que la terapia de reemplazo de corticoides restablece su duración normal. La administración de corticoides exógenos o estresantes que activan el eje adrenal retrasan el desarrollo sexual, y tanto el retraso de la pubertad como la precocidad han sido asociados con trastornos en la sincronización del ritmo adrenal diario (Ramaley, 1974; 1978). En aves, la influencia de la actividad adrenocortical sobre la maduración sexual no ha sido estudiada. En pollos domésticos adultos, la administración de corticosterona

PUESTA EN CODORNICES DE RESPUESTA ADRENOCORTICAL DIVERGENTE

dependiendo de la dosis y el estado del ciclo ovulatorio, puede inhibir o inducir la ovulación (Etches and Croze, 1983; Rzasa *et al.*, 1983; Pettite and Etches, 1991). La inducción de la ovulación por tratamiento de corticosterona es típicamente demostrada sólo cuando un folículo preovulatorio bien desarrollado está presente en el ovario, mientras que la administración crónica de corticosterona parece estar claramente ligada a un cese de la postura de huevos. De este modo, una pubertad demorada puede ser una consecuencia esperada de la reproducción selectiva por una alta respuesta adreno-cortical a un estresante agudo (LARCP).

En resumen, los resultados presentados en este trabajo, permiten incluir el inicio de la pubertad a la creciente lista de características productivas que son adversamente afectadas por un fenotipo de alta respuesta adreno-cortical (alto estrés). Teniendo en cuenta

el conjunto de resultados obtenidos con estas líneas de codornices, se argumenta que la reproducción selectiva de aves que no posean fenotipos indicadores de alto estrés, o mejor aún que incluyan fenotipos indicadores de bajo estrés, podrían en gran medida beneficiar tanto las futuras generaciones de aves mejorando su bienestar durante la cría como a los productores al favorecer el incremento de la productividad asociada.

AGRADECIMIENTOS

R.H. Marin es Investigador de Carrera del CONICET, Argentina y su trabajo ha sido financiado en parte por dicha institución y por la SECyT, UNC. G. G. Cadd (Universidad del Estado de Louisiana, Baton Rouge, EEUU) y R. Bryan Jones (Instituto Roslin, Escocia) contribuyeron al presente estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Etches, R.J. and F. Croze. 1983. Plasma concentrations of LH, progesterone, and corticosterone during ACTH- and corticosterone-induced ovulation in the hen (*Gallus domesticus*). *Gen. Comp. Endocrinol.*, 50: 359-365.
- Hayward L.S., D.G. Satterlee and J.C. Wingfield. 2005. Japanese quail selected for high plasma corticosterone response deposit high levels of corticosterone in their eggs. *Physiol. Biochem. Zool.*, 78: 1026-1031.
- Jones, R.B. 1996. Fear and adaptability in poultry: insights, implications and imperatives. *World's Poult. Sci. J.*, 52: 131-174.
- Jones, R.B., R.H. Marin, D.G. Satterlee and G.G. Cadd. 2002. Sociality in Japanese quail (*Coturnix japonica*) genetically selected for contrasting adrenocortical responsiveness. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 75: 337-346.
- Jones, R.B., R.H. Marin and D.G. Satterlee. 2004. A "pebble test of anxiety" did not differentiate between Japanese quail chicks from genetic lines differing in fearfulness and stress responsiveness. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 87: 287-291.
- Jones, R.B. and D.G. Satterlee. 1996. Threat-induced behavioural inhibition in Japanese quail genetically selected for contrasting adrenocortical response to mechanical restraint. *Br. Poult. Sci.*, 37: 465-470.
- Jones, R.B., D.G. Satterlee and F.H. Ryder. 1992a. Open-field behavior of Japanese quail genetically selected for low or high plasma corticosterone response to immobilization.

Archivos de zootecnia vol. 55, núm. 210, p. 201.

MARÍN Y SATTERLEE

- Poult. Sci.*, 71: 1403-1407.
- Jones, R.B., D.G. Satterlee and F.H. Ryder. 1992b. Fear and distress in Japanese quail chicks of two lines genetically selected for low or high adrenocortical response to immobilization stress. *Horm. Behav.*, 26: 385-393.
- Jones, R.B., D.G. Satterlee and F.H. Ryder. 1994. Fear of humans in Japanese quail selected for low or high adrenocortical response. *Physiol. Behav.*, 56: 379-383.
- Jones, R.B., D.G. Satterlee and G.G. Cadd. 1999. Timidity in Japanese quail: effects of vitamin C and divergent selection for adrenocortical response. *Physiol. Behav.*, 67: 117-20.
- Jones, R.B., D.G. Satterlee, D. Waddington and G. Cadd. 2000. Effects of repeated restraint in Japanese quail genetically selected for contrasting adrenocortical responses. *Physiol. Behav.*, 69: 317-324.
- Marin, R.H. and D.G. Satterlee. 2003. Selection for contrasting adrenocortical responsiveness in Japanese quail influences sexual behavior in males. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 83: 187-199.
- Marin, R.H. and D.G. Satterlee. 2004. Cloacal gland and testes development in male Japanese quail selected for divergent adrenocortical responsiveness. *Poult. Sci.*, 83: 1028-1034.
- 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. *Poult. Sci.*, 81: 981-986.
- Odeh, F.M., G.G. Cadd and D.G. Satterlee. 2003a. Genetic characterization of stress responsiveness in Japanese quail. 1. Analyses of line effects and combining abilities by diallel crosses. *Poult. Sci.*, 82: 25-30.
- Odeh, F.M., G.G. Cadd and D.G. Satterlee. 2003b. Genetic characterization of stress responsiveness in Japanese quail. 2. Analyses of maternal effects, additive sex linkage effects, heterosis, and heritability by diallel crosses. *Poult. Sci.*, 82: 31-35.
- Petite, J.N. and R.J. Etches. 1991. Daily infusion of corticosterone and reproductive function in the domestic hen. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 83: 397-405.
- Ramaley, J.A. 1974. Adrenal-gonadal interactions at puberty. *Life Sci.*, 14: 1623-1633.
- Ramaley, J.A. 1978. The adrenal rhythm and puberty onset in the female rat. *Life Sci.*, 23: 2079-2088.
- Rzasa, J., J. Williams and R.J. Etches. 1983. A study of the ovulation-inhibiting effects of dexamethasone in the domestic hen. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 52: 311-314.
- Satterlee, D.G., G.C. Cadd and R.B. Jones. 2000. Developmental instability in Japanese quail genetically selected for contrasting adrenocortical responsiveness. *Poult. Sci.*, 79: 1710-1714.
- Satterlee, D.G. and W.A. Johnson. 1988. Selection of Japanese quail for contrasting blood corticosterone response to immobilization. *Poult. Sci.*, 67: 25-32.
- Satterlee, D.G., R.B. Jones and F.H. Ryder. 1993. Short-latency stressor effects on tonic immobility fear reactions of Japanese quail divergently selected for adrenocortical responsiveness in immobilization. *Poult. Sci.*, 72: 1132-1136.
- Satterlee, D.G., R.H. Marin and R.B. Jones. 2002. Selection of Japanese quail for reduced adrenocortical responsiveness accelerates puberty in males. *Poult. Sci.*, 81: 1071-1076.
- Satterlee, D.G. and R.H. Marin. 2004. Photoperiod-induced changes in cloacal gland physiology and testes weight in male Japanese quail selected for divergent adrenocortical responsiveness. *Poult. Sci.*, 83: 1003-1010.
- Satterlee, D.G. and E.D. Roberts. 1990. The influence of stress treatment on femur cortical bone porosity and medullary bone status in Japanese quail selected for high and low blood corticosterone response to stress. *Comp. Biochem. Physiol.*, 95A: 401-405.

Recibido: 2-8-05. Aceptado: 21-3-06.

Archivos de zootecnia vol. 55, núm. 210, p. 202.