

RASGOS PRODUCTIVOS Y COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE LÍNEAS PURAS O CRUZADAS DE CODORNIZ JAPONESA

Productive Traits and Reproductive Performance of Pure or Crossbreed Japanese Quail Strains

Jesús José Portillo Loera ¹, Miguel Ángel Carmona Medero ², Carlos Bell Castro Tamayo ¹, Alfredo Estrada Angulo ¹, Jesús Francisco Obregón ¹ y Francisco Gerardo Ríos Rincón ^{*1}

¹ Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Blvd. San Ángel s/n Predio Las Coloradas, Culiacán, Sinaloa, México 80236. Teléfono (667) 718-1650. * Correspondencia E-mail: fgrios@uas.uasnet.mx. ² Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, México 54700.

RESUMEN

Para determinar el efecto del cruzamiento de líneas de codorniz japonesa en la respuesta productiva y en el comportamiento reproductivo de sus híbridos F₁, se utilizaron 60 hembras y 10 machos de líneas de diferente peso corporal: línea P (282,33 g) y línea L (262,45 g), así como sus cruces recíprocos F₁: PL y LP, evaluados en producción de huevo, desde la sexta a la vigésima cuarta semana de edad. Los datos se analizaron mediante un diseño en bloques completos al azar y contrastes ortogonales fueron utilizados para evaluar la heterosis y los efectos recíprocos. El cruzamiento mejoró el peso corporal y el peso del huevo por efecto de heterosis (P<0,06), y su magnitud no incrementó con la edad; ni se observó mejora en el porcentaje de postura ni en la eficiencia alimenticia (P>0,10). Los efectos recíprocos no fueron consistentes. El cruzamiento tendió a mejorar el comportamiento reproductivo (P≤0,08), con heterosis de 4,74% para la incubabilidad de los huevos fértiles (86,30 vs. 82,40%); 7,85% en huevos fértiles (72,37 vs. 67,10%); 12,42% en la eclosión (62,55 vs. 55,64%); 9,96% en nacimientos del total de huevos producidos (42,27 vs. 38,44%) y 1,74% para peso al nacer (9,92 vs. 9,75 g). Se concluye que el cruzamiento de líneas de codorniz japonesa que difieren en promedio 20 g de peso vivo, mejora el comportamiento reproductivo, el peso corporal y el peso del huevo por efecto de heterosis, sin cambiar su magnitud con la edad, pero no mejora el porcentaje de postura ni en la eficiencia alimenticia, y el orden del cruzamiento no afecta la respuesta productiva.

Palabras clave: *Coturnix japonica*, heterosis, incubabilidad, peso del huevo, peso corporal.

ABSTRACT

To determine crossbreeding effect of Japanese quail strains in the productive traits and on the reproductive performance of hybrids F₁, 60 females and 10 males were utilized of the different body weight strain: P strain (282.33 g) and L strain (262.45 g), and F₁ reciprocal crosses: PL and LP, in egg laying since week 6th to week 24th old age. At random block design were utilized, and the orthogonal contrasts to evaluate heterosis and reciprocal effect. The crossbreeding improved body weight and egg weight for heterosis effect (P<0.06), and the magnitude not increased with age, without improved de egg laying rate and feed efficiency (P>0.10). Not observed consistent reciprocals effects. Crossbreeding tended to improve reproductive performance (P≤0.08), with heterosis of 4.74% for hatchability (86.30 vs. 82.40%), 7.85% in fertile eggs (72.37 vs. 67.10%), 12.42% in birth of chick from incubated eggs (62.55 vs. 55.64%), 9.96% for newborn chicks out of total eggs produced (42.27 vs. 38.44%) and 1.74% for chick weight at birth (9.92 vs. 9.75 g). Its concluded that crossbreeding Japanese quails strains, different in 20 g of body weight, improved the reproductive performance via heterosis effects, regardless crossing order, increased body weight and egg weight for heterosis effect, without to change the magnitude with the age, without improve in the rate egg laying and feed efficiency, the order crossing not affect the productive traits.

Key words: *Coturnix japonica*, heterosis, hatchability, egg weight, body weight.

INTRODUCCIÓN

El comportamiento reproductivo en las aves depende de características individuales determinadas por la genética, el am-

biente y la interacción entre éstos, en tanto que el porcentaje de huevos fértiles y su incubabilidad se deben a factores como la proporción macho: hembras, edad de las aves, peso corporal y fertilidad de los padres, sistema de apareamiento, duración y condiciones del almacenamiento del huevo y condiciones ambientales durante el proceso de incubación, entre otros [14, 26, 29]. La selección para mayor tasa de crecimiento en aves disminuye el comportamiento reproductivo, debido a la correlación genética negativa que existe entre crecimiento y reproducción [12], mediada por el aumento en el peso y tamaño del huevo, lo cual incrementa la superficie del cascarón y la permeabilidad del mismo, aumentando la mortalidad embrionaria, y con ello disminuye la incubabilidad [6, 20, 25]. Los rasgos reproductivos tienen baja heredabilidad, por ello, la heterosis es importante para incrementar la eficiencia reproductiva [23]. El cruzamiento de estirpes sin antecedentes de parentesco permite mayor efecto recíproco y la magnitud de éste puede ser de igual magnitud que la heterosis e incluso de mayor magnitud en ambientes donde la heterosis es pequeña [8]. En codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica*) se ha valorado el efecto del cruzamiento de estirpes en el peso corporal [13, 20], inicio de postura [18], e intensidad de postura [19], notando que la magnitud de la heterosis puede ser influenciada por la edad de las aves [9], esto incide en la cantidad de efectos recíprocos, ya que al aumentar la edad, se incrementa el peso del huevo [15].

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto del cruzamiento de líneas de codorniz japonesa de diferente peso corporal en los rasgos productivos al avanzar la curva de postura, así como el comportamiento reproductivo de sus híbridos F₁.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y clima

La investigación se realizó durante el periodo otoño-invierno (temperatura media mensual promedio de 23°C) en la granja coturnícola de ciclo completo localizada en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa, México. El clima de la zona es BS₁ (h') w (w) (e), definido como semiseco, muy cálido, extremoso con lluvias en verano [11]; se localiza a 107° 21' 14" LO y a 24° 64' 13" LN, a 80 msnm; la temperatura anual promedio es de 25,4°C, las temperaturas máximas de 45°C se registran en julio y agosto, y las mínimas de 7°C en diciembre y enero. La humedad relativa promedio es de 68%, con máxima de 81% en septiembre y mínima de 51% en abril; la precipitación anual promedio es de 688,5 mm, con precipitaciones máximas en julio, agosto y septiembre [2].

Animales y manejo

Se utilizaron 60 hembras y 10 machos de cada una de las líneas parentales e híbridas de codorniz japonesa para producción de carne, con peso corporal promedio de 282,33 ± 23,74 g DE, para la estirpe P (línea pesada) y 262,45 ± 24,99 g para la estirpe L (línea ligera), y sus cruces recíprocos F₁: PL (298,66 ±

30,09 g) y LP (281,36 ± 24,99 g). Estas aves se seleccionaron del lote de crianza en el cual se pesaron 30 aves aleatoriamente por línea cada semana, hasta el día 36 de edad. Al iniciar la producción de huevo a las seis semanas de edad, las aves se alojaron en proporción de seis hembras por macho, en jaulas metálicas de 60 x 30 x 20 cm, en dos baterías, colocadas en caseta convencional. De las aves seleccionadas, se identificaron 10 hembras de cada línea, que se pesaron (Ohaus^{MR}; Voyager Pro; Pine Brook, NJ, EUA, precisión 0,1 g), cada semana hasta el final del ciclo de postura (129 d); las aves identificadas que murieron durante la prueba no se reemplazaron. Se proporcionó alimento *ad libitum* para reproductoras (21,43% de PC; 2,86 Mcal/kg de EM y 2,5% de Ca); la iluminación fue de 16 a 18 horas continuas, de las cuales las horas/luz artificial se ajustaron de acuerdo a la duración de horas/luz natural promedio histórico de 10 años para Culiacán, Sinaloa, México. En la investigación se cumplió con los principios de la Guía para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio [22].

El consumo de alimento, cantidad de huevos puestos y peso de los mismos se registraron diariamente, para calcular el porcentaje de postura hembra-engalponada y la eficiencia alimenticia. La colección de huevo incubable se inició cuando las hembras tenían nueve semanas de edad; efectuándose seis incubaciones con intervalo de tres semanas entre cada una, utilizando huevo con un máximo de cuatro días post colecta. Se clasificó como huevo incubable, al que tuvo 12 a 16 g de peso, de forma ovoide, no quebrado ni sucio, consistencia y color del cascarón característico, el cual se almacenó a temperatura de 12° a 18°C (Refrigerador Nieto^{MR}; Modelo Critotec CFX-8; Guadalajara, México). El día de la incubación, el huevo y la incubadora (Huacuja^{MR}; Modelo 1020; Guadalajara, México), se desinfectaron con gas formaldehído a concentración 2x, luego el huevo se colocó en incubadora de volteo automático, que se efectuó una vez cada dos horas; la incubación se realizó a 37,7° ± 1°C y 50 a 60% de humedad relativa. A los 14 días de incubación, los huevos se transfirieron a la nacedora (Huacuja^{MR}; Modelo 1200; Guadalajara, México); el primer conteo se realizó a las 24 h post-eclosión; el segundo conteo, así como el pesado individual de los coturpollos se realizó a las 48 horas de iniciada la eclosión. Cada huevo no eclosionado se quebró y en caso de observar desarrollo embrionario en el examen macroscópico, se consideró como huevo fértil [10].

El porcentaje de heterosis real se calculó con la siguiente fórmula [27]:

$$\%HR = \frac{\bar{H} - \overline{MP}}{\overline{MP}} \times 100$$

En donde:

- % HR = Porcentaje de heterosis real.
- \bar{H} = Promedio de las líneas híbridas.
- \overline{MP} = Promedio del mejor padre.

El porcentaje de heterosis teórico se obtuvo sustituyendo en la fórmula anterior, el valor del mejor padre por el promedio de los padres, con la fórmula [27]:

$$\%HT = \frac{\bar{H} - \bar{P}}{\bar{P}} \times 100$$

En donde:

% HT = Porcentaje de heterosis teórica.

\bar{H} = Promedio de las estirpes híbridas.

\bar{P} = Promedio de los padres.

Análisis estadístico

Se usó un diseño en bloques completos al azar y los datos fueron analizados a través de un modelo lineal general (PROC GLM) del paquete estadístico SAS [31]. Después de los análisis preliminares de normalidad (PROC UNIVARIATE) de SAS [31] y transformación con la función arco seno y raíz cuadrada de las variables expresadas en porcentaje [32], el modelo utilizado se describe a continuación:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \gamma_j + \beta\gamma_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

En donde:

Y_{ijk} = La variable de respuesta.

μ = La media general.

β_i = Efecto de la edad (semana de postura).

γ_j = Efecto de la línea de codorniz.

$\beta\gamma_{ij}$ = Efecto de interacción de edad por línea de codorniz.

ε_{ijk} = El error aleatorio.

Debido a que hubo diferencia estadística entre líneas, la comparación de medias entre conjuntos se efectuó mediante contrastes ortogonales, realizando las siguientes comparaciones:

Contraste 1: Línea PL + LP vs. Línea P + L

Contraste 2: Línea PL + LP vs. Línea (P o L)

Contraste 3: Línea PL vs. Línea LP

Contraste 4: Línea P vs. Línea L.

Los efectos que se probaron con los contrastes ortogonales fueron: el de heterosis teórica, heterosis real, recíproco y la diferencia en las líneas parentales, respectivamente [7].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El peso corporal de las codornices de las líneas P y L, y sus cruces recíprocos, así como la magnitud de la heterosis, se muestran en la TABLA I. El cruzamiento no incrementó el peso corporal en la fase de crianza, ya que la heterosis teórica fue negativa ($P < 0,06$) o no significativa ($P > 0,11$); sin embargo, en la fase de producción de huevo el peso se incrementó por efecto de heterosis ($P < 0,06$) y la heterosis real y el efecto recíproco no mostraron efecto consistente. Se ha observado en codornices en postura alimentadas con 20% de proteína cruda en la dieta, que la heterosis para el peso corporal varió de 5 a 10% [16], rango dentro del cual se incluyen los valores calculados.

El efecto del cruzamiento en el porcentaje de postura al avanzar la producción de huevo se muestra en la TABLA II. El cruzamiento no mejoró el porcentaje de postura, ya que mostró heterosis negativa ($P > 0,05$), así mismo el efecto recíproco fue

TABLA I
PESO CORPORAL DE LÍNEAS DE CODORNIZ JAPONESA Y MAGNITUD DE LA HETEROSIS EN LAS ETAPAS DE CRIANZA Y PRODUCCIÓN DE HUEVO

Edad días	n	Línea				EEM	Comparaciones, %			
		P	PL	LP	L		PA	HT	HR	ER
Fase de crianza:										
1	120	9,5	9,3	8,8	9,1	0,07	4,4*	-3,2**	-5,2*	5,7*
15	120	104,2	96,0	97,2	85,5	0,93	21,9***	1,9	-7,3	1,3
29	120	207,1	192,1	192,5	179,6	1,56	15,3**	-0,5	-7,1**	0,2
36	120	234,2	229,1	228,0	214,4	1,69	9,2	1,9	-2,4	0,5
Fase de producción de huevo:										
59	38	272,5	291,4	269,7	240,6	5,25	13,3**	9,4**	3,0	8,0*
87	34	277,6	296,8	283,9	253,1	5,13	9,7*	9,4***	4,6	4,5
115	32	297,0	320,7	300,0	279,4	4,11	6,3*	7,7***	4,5*	6,9*
129	29	296,7	309,6	304,2	281,8	5,34	5,3	6,1*	3,4	1,8

n = Aves pesadas en las cuatro líneas; P= línea pesada, L= línea ligera, PL= cruce de línea P con línea L, LP= cruce de línea L con línea P, EEM = Error estándar de las medias, PA = Diferencia entre las líneas parentales, HT= Heterosis teórica, HR = Heterosis real, ER = Efecto recíproco.

*** $P < 0,01$, ** $P \leq 0,06$, * $P \leq 0,11$.

TABLA II
PORCENTAJE DE POSTURA EN LÍNEAS DE CODORNIZ JAPONESA Y MAGNITUD DE LA HETEROSIS
AL AVANZAR LA CURVA DE PRODUCCIÓN DE HUEVO

Semana ¹	n	Línea				EEM	Comparaciones, %		
		P	PL	LP	L		PA	HT	ER
1	28	25,0	36,0	26,0	40,0	2,99	-60,0	-4,6	27,8
4	28	85,3	80,7	72,2	87,0	1,47	-2,0	-11,3**	10,6*
8	28	88,4	85,0	76,8	81,3	1,05	8,0**	-4,8**	9,6**
12	28	84,0	87,7	81,7	90,1	1,39	-7,3	-3,4	6,8
16	28	76,1	77,2	72,9	87,8	1,67	-15,4**	-8,4*	-5,6
20	28	76,1	79,8	70,5	83,0	1,14	-9,1**	-5,5**	11,7**

¹ = Semana de postura, n = Observaciones, P= línea pesada, L= línea ligera, PL= cruce de línea P con línea L, LP= cruce de línea L con línea P, EEM = Error estándar de las medias, PA = Diferencia entre las líneas parentales, HT= Heterosis teórica, ER = Efecto recíproco.

** P<0,01, * P≤0,05.

inconsistente. La magnitud de la heterosis en otros experimentos varió con los cruces involucrados; el cruce de codornices ligeras (183,6 g promedio), con codornices pesadas (279,9 g promedio), manifestó heterosis de 4 a 23% (16% en promedio) durante los primeros ocho meses de postura; sin embargo, el cruzamiento de codornices ligeras con codornices pesadas seleccionadas para producción de carne (253,0 g), manifestó heterosis de - 4 a 14% (10% en promedio), y el cruzamiento de las dos líneas pesadas disminuyó el número de huevos puestos, con heterosis de -10 a -23% [13]. Estos resultados pueden ser atribuidos al esquema de selección utilizado para la línea pesada, que consistió en escoger a las cuatro semanas de edad, como reproductoras a las aves con mayor peso corporal; una vez alojadas en batería, se seleccionaron para incubación a los huevos de mayor peso; para hacer el reemplazo de aves reproductoras, el esquema de selección fue repetido dos veces por año; mientras que en la población de codornices ligeras, no se utiliza ningún esquema de selección debido a que la comercialización de carne de codorniz es por pieza en canal y no por peso como ocurre en la venta de carne de otras aves.

En la TABLA III se presentan los resultados del peso del huevo y magnitud de la heterosis al avanzar la curva de postura en estirpes de codorniz japonesa. El cruzamiento incrementó el peso del huevo por efecto de heterosis teórica desde la cuarta semana de producción ($P \leq 0,05$) con valores dentro del rango de 2 a 5,3%; la heterosis atribuida a efectos de sobredominancia, sólo fue significativa en las semanas de postura 16 y 20 ($P \leq 0,01$), sin observar efecto recíproco. El hecho de observar heterosis teórica positiva significativa y no detectar heterosis real, coincide con otros autores [19] quienes estimaron heterosis teórica de 7,75 a 10,29% y real de -3,49 a -0,30%, en líneas de codorniz japonesa de peso corporal de 166,60 g y 196,35 g a los 34 días de edad. Este resultado puede estar influido por la relación que existe entre el peso del ave y el peso del huevo, ya que las estirpes PL y LP tuvieron mayor peso corporal en la fase de producción de huevo (TABLA I) y produjeron huevo con mayor peso; esto puede ser debido a que existe correlación genética positiva de media a alta entre am-

bas características [24]. Aún cuando la heterosis para el peso del huevo fue significativa al avanzar la curva de postura, ésta no aumentó, como se supuso, con base a los resultados publicados por otros autores [15], en el peso del huevo, las unidades Haugh y el diámetro de la albúmina.

El efecto del cruzamiento en la eficiencia alimenticia se presenta en la TABLA IV. El cruzamiento no mejoró la eficiencia alimenticia ($P > 0,10$), ya que la heterosis fue negativa, sin observar efecto recíproco. Este resultado coincide con el observado en gallinas productoras de huevo [5, 34]; en promedio, hubo heterosis negativa pero no significativa para la eficiencia alimenticia; este resultado es contrario al observado en gallinas por otros investigadores [30], quienes detectaron efecto recíproco en la utilización del alimento.

Los resultados del análisis de la varianza para las características reproductivas, se muestran en la TABLA V. Las variables reproductivas presentaron tendencia cuadrática ($P < 0,01$) con respecto a la edad de las codornices (FIG. 1). El peso al nacimiento de los coturpollos alcanzó su valor más alto a las 18 semanas de edad, y permaneció sin cambio hasta la vigésima semana de edad en las codornices. En codorniz japonesa, el peso del recién nacido está más asociado con la edad de la hembra ($r = 0,93$), que con el peso del huevo ($r = 0,57$), donde el peso del coturpollo aumentó 1,92 g con la edad, y sólo incrementó 0,32 g en relación con el peso del huevo entre las 7 y 27 semanas de edad; esto se atribuye al incremento en el tamaño de la yema, que en codornices se incrementa con la edad, mientras que el tamaño del huevo permanece más constante [33].

En relación con el efecto de la línea genética, a excepción del porcentaje de incubabilidad, cuya variación no fue significativa, las demás características mostraron diferencias debidas a esta fuente de variación ($P \leq 0,03$). Los promedios por estirpe se muestran en el TABLA VI. La producción de huevo ocurrió en la época menos calurosa del año (temperatura media mensual promedio de 23°C), por ello, la disminución en las variables reproductivas es realmente atribuible a la edad, aunque se afirma que

TABLA III
PESO DEL HUEVO (g) EN LÍNEAS DE CODORNIZ JAPONESA Y MAGNITUD DE LA HETEROSIS (%)
AL AVANZAR LA CURVA DE PRODUCCIÓN DE HUEVO

Sem. ¹	n	Línea				EEM	Comparaciones, %			
		P	PL	LP	L		PA	HT	HR	ER
1	28	11,1	12,9	12,8	12,3	0,18	9,6***	1,8	-2,6	2,8
4	28	12,7	12,9	12,8	12,3	0,06	3,2***	2,5***	0,9	0,3
8	28	14,1	14,3	14,1	13,4	0,09	5,8***	3,6***	0,8	1,4
12	28	14,3	14,5	14,4	14,0	0,06	2,1**	2,0**	0,9	0,6
16	28	14,5	14,8	14,9	14,3	0,06	1,9**	3,0***	2,0***	-1,0
20	28	14,3	15,6	14,8	14,6	0,12	-1,9	5,3***	4,3***	4,9***

¹ = Semana de postura, n = Observaciones, EEM = Error estándar de las medias, P= línea pesada, L= línea ligera, PL= cruce de línea P con línea L, LP= cruce de línea L con línea P, PA = Diferencia entre las líneas parentales, HT= Heterosis teórica, HR = Heterosis real, ER = Efecto recíproco.
 *** P<0,01, ** P≤0,05, * P≤0,10.

TABLA IV
EFICIENCIA ALIMENTICIA EN LÍNEAS DE CODORNIZ JAPONESA Y MAGNITUD DE LA HETEROSIS
AL AVANZAR LA CURVA DE PRODUCCIÓN DE HUEVO

Sem. ¹	n	Líneas				EEM	Comparaciones, %		
		P	PL	LP	L		PA	HT	ER
1	20	0,120	0,146	0,104	0,152	0,011	26,7	-8,1	40,4
4	28	0,264	0,293	0,250	0,329	0,007	24,6***	-8,4**	17,2***
8	28	0,283	0,291	0,281	0,329	0,005	16,3***	-6,5***	3,6
12	28	0,274	0,279	0,284	0,297	0,005	8,4**	-1,4	-1,8
16	28	0,263	0,277	0,274	0,294	0,005	11,8	-1,1	1,1
20	28	0,259	0,286	0,270	0,314	0,005	21,2***	-4,0	3,7

¹ = Semana de postura, n = Observaciones, P= línea pesada, L= línea ligera, PL= cruce de línea P con línea L, LP= cruce de línea L con línea P, EEM = Error estándar de las medias, PA = Diferencia entre las líneas parentales, HT= Heterosis teórica, ER = Efecto recíproco.
 *** P<0,01, ** P≤0,05, * P≤0,10.

TABLA V
RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO
DE CODORNIZ JAPONESA DE LAS LÍNEAS P Y L, Y SUS CRUZAS RECÍPROCAS

FV	GL	INC		HF		ECL		NHP		PN	
		CM	P<	CM	P<	CM	P<	CM	P<	CM	P<
Edad	5	69	0,06	176	<0,01	263	<0,01	558	<0,01	1,55	<0,01
Estirpe	3	41	0,23	331	<0,01	264	<0,01	77	0,03	0,21	<0,01
Error	15	25		26		35		19		0,02	
r ²		0,55		0,83		0,80		0,91		0,97	

INC = Incubabilidad del huevo fértil, HF = Huevos fértiles, ECL = Eclosión.
 NHP = Nacimientos sobre huevos producidos, PN = Peso al nacimiento. FV = Fuente de variación.
 GL = Grados de libertad, CM = Cuadrado medio, P = Probabilidad, r² = Coeficiente de determinación.

la edad de las codornices afecta significativamente la fertilidad e incubabilidad de los huevos fértiles durante las 10 y 20 semanas de edad [29]. La menor incubabilidad a edad temprana se atribuye a la alta mortalidad embrionaria en los huevos de aves que no han alcanzado el pico de postura y al efecto debido al peso del huevo en la semana 1 de la línea P, donde los

huevos mostraron un tamaño promedio inferior al considerado para ser incubados [17], mientras que la disminución en los valores de variables reproductivas se atribuye al avance de la edad en la parvada [21]. El peso del coturpollo no cambió con la edad de las codornices, y coincide con lo observado por otros autores entre las 10 y 20 semanas de edad [29].

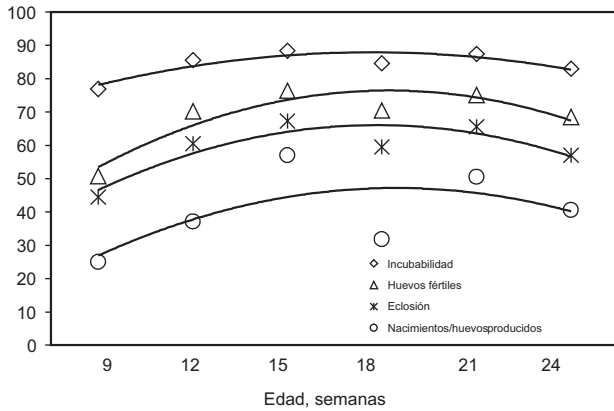


FIGURA 1. VARIABLES REPRODUCTIVAS DE CODORNIZ JAPONESA EN FUNCIÓN DE LA EDAD DE LAS AVES, INDEPENDIEMENTE DEL GENOTIPO.

Al comparar la superioridad de las líneas F₁ en la incubabilidad con relación al promedio de las parentales (86,30 vs. 82,40%), el cruzamiento presentó tendencia a mejorarla en 4,73% (P=0,08) por efecto de heterosis. Algunos autores [4] refieren una heterosis alta para este rasgo (11,46%); aunque otros [35] indican la ausencia de heterosis al cruzar dos líneas de codornices. La inconsistencia entre los resultados del presente estudio y los observados por otros autores, puede ser atribuida a las diferencias entre las líneas utilizadas. Se afirma que las estimaciones de heterosis en codorniz japonesa son muy variables entre los cruces [9].

El menor porcentaje de huevos fértiles (27,33%) observado en las codornices de la línea más pesada (P<0,01), se

puede atribuir al peso corporal de los machos, ya que esta población ha sido sometida a selección masal para aumentar el peso corporal a 28 días, además del efecto negativo que tiene el aumento del peso corporal en la fertilidad de las hembras. Al aparear machos de una estirpe de 283 g con hembras de 97 g, no obtuvieron descendencia, aunque este efecto no se atribuye al peso corporal por sí mismo, sino a la conformación corporal que inhabilita a los machos para inseminar a las hembras [20].

El cruzamiento mejoró (P<0,05) en 7,85% el número de huevos fértiles por efecto de heterosis, sin diferencias entre los cruces recíprocos. En gallinas (*Gallus gallus*) Leghorn blancas, se observó que el porcentaje de heterosis para la fertilidad se incrementó linealmente desde la semana 37 a la 70 de edad [14].

El porcentaje de eclosión varió de forma similar al porcentaje de incubabilidad, y el coeficiente de correlación entre estos rasgos fue de 0,73 (P<0,01). Los huevos de la línea L tuvieron 23,75% más nacimientos (P<0,01) y la heterosis fue de 12,42% (P<0,01), sin observar diferencia entre las codornices de los cruces recíprocos. En aves reproductoras es importante el porcentaje de huevos que al seleccionarse para incubación, eclosionen. En las líneas parentales, el porcentaje de nacimientos sobre el total de huevos producidos fue 18,01% mayor (P<0,01) en la línea L, y las codornices híbridas de cruce recíproco tuvieron 9,96% más nacimientos (P<0,01) que el promedio de las líneas parentales, sin observar efecto del orden del cruzamiento. A partir de resultados previos [3], en la población de la línea P se calculó que, el nacimiento de coturpollos se llevó a cabo en el 26% de los huevos producidos, valor inferior al calculado en este experimento. Por ello, es claro que el cruzamiento mejoró este rasgo reproductivo. Estos resultados

**TABLA VI
RESPUESTA REPRODUCTIVA DE CODORNIZ JAPONESA DE LAS LÍNEAS P Y L, Y SUS CRUZAS RECÍPROCAS**

Línea	INC, %	HFE, %	ECL, %	NHP, %	PN, g
P	83,57	59,03 ^b	49,73 ^b	35,26 ^b	9,91 ^{ab}
PL	85,16	70,39 ^a	59,87 ^a	40,92 ^a	10,02 ^a
LP	87,44	74,34 ^a	65,22 ^a	43,61 ^a	9,81 ^b
L	81,22	75,16 ^a	61,54 ^a	41,61 ^a	9,58 ^c
EEM	1,239	2,020	2,181	2,449	0,125
Heterosis:					
Teórica, %	4,74 [*]	7,85 ^{**}	12,42 ^{***}	9,96 ^{**}	1,74 ^{***}
Real, %	3,27	-3,72	1,63	1,57	0,05
LP vs. PL, %	2,68	5,61	8,94	6,57	-2,10 ^{**}
L vs. P, %	-2,89	27,33 ^{***}	23,75 ^{***}	18,01 ^{**}	-3,33 ^{***}

P= línea pesada, L= línea ligera, PL= cruce de línea P con línea L, LP= cruce de línea L con línea P.
 INC = Incubabilidad de huevo fértil, HFE = Huevos fértiles, ECL = Eclosión.
 NHP = Nacimientos del total de huevos puestos, PN = Peso del guarnigón al día de edad.
 EEM = Error estándar de las medias.
^{a,b,c} = Literales diferentes en la columna, indican diferencia estadística (P<0,05).
 *** P≤0,01, ** P≤0,05, * P=0,08.

coinciden con los observados [25] en líneas de codorniz japonesa seleccionada para alto peso corporal a las cuatro semanas de edad, debido al incremento de la mortalidad embrionaria durante la incubación asociada a la pérdida de peso.

La superioridad en el peso al nacimiento del coturpollo de las codornices de la línea P, en relación con la línea L, se explica por la correlación alta y positiva (0,80) entre el peso del huevo y el peso al nacimiento de los coturpollos de codorniz japonesa [28]. El cruzamiento incrementó 1,74% el peso del coturpollo al nacer, valor inferior a 1,92% indicado con anterioridad al presente estudio [1], y al rango de 2 a 4% previamente estimado en otra investigación [16]. Sin embargo, cuando los pesos de los coturpollos de las líneas F₁, fueron superiores a los de las codornices de las líneas parentales, al considerar la proporción del peso al nacer sobre el peso del huevo, las líneas parentales P y L, tuvieron porcentajes similares: 70,63 y 70,29% respectivamente, aún cuando el peso del huevo fue superior ($P < 0,01$) en la línea P (14,03 vs. 13,63 g). Esto indica que, los embriones de la línea L utilizaron los nutrientes de forma más eficiente [1]. El peso del huevo incubable mostró heterosis real de 2,28%, sobre el peso del huevo de la línea P, aunque la proporción peso del huevo: peso al nacer, fue menor a la proporción en las líneas parentales, y similares entre cruces PL y LP (69,78 y 68,41%), indicando que al utilizar la línea de menor peso en cruce recíproco, reduce el peso al nacimiento [1]. Las diferencias en el peso del coturpollo al día de edad se deben a las diferencias en el peso del huevo incubable. Para la línea PL, el peso al nacimiento de los coturpollos fue 2,10% superior ($P < 0,01$) a los de la línea LP.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

El cruzamiento de estirpes de codorniz japonesa que difieren en cerca de 20 g de peso corporal, mejora el peso corporal y el peso del huevo, por efecto de heterosis, sin cambiar su magnitud con la edad. La producción de carne de pollo y huevo en gallinas, se basa en la utilización de animales híbridos; en codorniz japonesa existe poca información de la respuesta del cruzamiento en el comportamiento reproductivo, por ello, los resultados obtenidos en el presente estudio indican que es posible mejorarlo al utilizar líneas que difieren en peso corporal, por efecto de la heterosis, independientemente del orden del cruzamiento. La mejora de la respuesta productiva es mayor si antes de realizar los apareamientos se aplican esquemas de selección, ya que existe variabilidad en los indicadores productivos de las poblaciones que aseguran obtener adecuada respuesta, con base en los objetivos que se desean alcanzar en el proceso productivo.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Programa de Fortalecimiento y Apoyo a la Investigación de la Universidad Autónoma de Sinaloa, el financiamiento para realizar este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BAIK, D.H.; MARKS, H.L. Divergent selection for growth in Japanese quail under split and complete nutritional environments. N° 7. Heterosis and combining ability among diallel crosses following twenty–seven generations of selection. **Poult. Sci.** 72:1449-1458. 1993.
- [2] CIAPAN. Guía para la asistencia técnica del Valle de Culiacán. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Forestales y Pecuarias. Culiacán, Sinaloa, México. 97 pp. 2002.
- [3] CONTRERAS, P.G. Efecto de la suplementación de metionina de cromo sobre la respuesta reproductiva y productiva de codorniz japonesa. Universidad Autónoma de Nayarit. México. Tesis de Grado. 42 pp. 2003.
- [4] CHAHIL, P.S.; JOHNSON, W.A.; SCHILLING, P.E. Combining ability in a diallel cross of three lines of *Coturnix coturnix japonica*. **Poult. Sci.** 54:1844-1849. 1975.
- [5] DOTTAVIO, A.M.; CANET, Z.E.; ALVAREZ, M.; CREIXELL, B.; DI MASSO, R.J.; FONT, M.T. Productive traits in hybrid hens with Fayoumi maternal genotype. **Arch. Latinoam. Prod. Anim.** 9:57-62. 2001.
- [6] ELY, D.N.; NESTOR, K.E.; BACON, W.L.; PATTERSON, R.A.; SMITH, D.; ANDERSON, J.W.; NOBLE, D.O. The effect of divergent selection for total plasma phosphorus in Japanese quail on fearfulness and selected blood and heart parameters. **Poult. Sci.** 77:8-6.1998.
- [7] EMMERSON, D.A.; VELLEMAN, S.G.; NESTOR, K.E. Genetics of growth and reproduction in the turkey. 15. Effect of long-term selection for increased egg production on the genetics of growth and egg production traits. **Poult. Sci.** 81:316-320. 2002.
- [8] FAIRFULL, R.W.; GOWE, R.S.; EMSLEY, J.A.B. Diallel cross of six long-term selected Leghorn strains with emphasis on heterosis and reciprocal effects. **Br. Poult. Sci.** 24:133-158. 1983.
- [9] FAIRFULL, R.W. Heterosis. In: Crawford, R.D (Ed.) **Poultry Breeding Genetics**. Elsevier Netherlands. Pp 913-934. 1990.
- [10] FASENKO, G.M.; ROBINSON, F.E.; HITTINGER, M.G.; MACLEAN, M.A.; WHITE, B.A. Evaluating the hatchability of broiler chicks from washed and unwashed nest and floor eggs. **Poultry Science Association 89th Annual Meeting Abstracts**; August 18-20 Montreal, Canada. 79. (suppl.) 72 (Abstr.) 2000.
- [11] GARCÍA, E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 144 pp. 1988.

- [12] HARTMANN, W. From Mendel to multi-national in poultry breeding. **World's Poult. Sci.** 45:5-26. 1989.
- [13] HYÁNNKOVÁ, L.; DÉDKOVÁ, L.; KNÍZETOVÁ, H.; HORT, J. Heterosis in body weight related to growth performance of parental lines of Japanese quail and to heterosis in lay. **Br. Poult. Sci.** 43:508-517. 2002.
- [14] LEDUR, M.C.; FAIRFULL, R.W.; MCMILLAN, I.; GOWE, R.S.; ASSELSTINE, L. Genetic effects of aging on fertility and hatchability in the first laying cycle of three White Leghorn strains and their two-way crosses. **Br. Poult. Sci.** 41:552-561. 2000.
- [15] LEDUR, M.C.; LILJEDAHL, L.E.; MCMILLAN, I.; ASSELSTINE, L.; FAIRFULL, R.W. Genetic effects of aging on fitness and nonfitness traits in laying hens housed three per cage. **Poult. Sci.** 82:1223-1234. 2003.
- [16] MARKS, H.L. Heterosis and overdominance following long-term selection for body weight in Japanese quail. **Poult. Sci.** 74:1730-1744. 1995.
- [17] MCDANIEL, G.R.; BRAKE, J. M. K.; ECKMAN, M.K. Factors affecting broiler breeder performance. 4. The interrelationship of some reproductive traits. **Poult. Sci.** 60:1792-1797. 1981.
- [18] MINVIELLE, F.; MONVOISIN, J.L.; COSTA, J.; FRENOT, A.; MAEDA, Y. Changes in heterosis under within-line selection or reciprocal recurrent selection: an experiment on early egg production in Japanese quail. **J. Anim. Breed. & Gen.** 116:363-377. 1999.
- [19] MINVIELLE, F.; MONVOISIN, J.L.; COSTA, J.; MAEDA, Y. Long-term egg production and heterosis in quail lines after within-line or reciprocal recurrent selection for high early egg production. **Br. Poult. Sci.** 41:150-157. 2000.
- [20] MORITSU, Y.; NESTOR, K.E.; NOBLE, D.O.; ANTHONY, N.B.; BACON, W.L. Divergent selection for body weight and yolk precursor in *Coturnix coturnix japonica*. 12. Heterosis in reciprocal crosses between divergently selected lines. **Poult. Sci.** 76:437-444. 1997.
- [21] NARAHARI, D.; MUJEER, K.A.; THANGAVEL, A.; RAMAMURTHY, N.; VISWANATHAN, S.; MOHAN, B.; BURUNGANDAN, B.; SUNDARARASU, V. Traits influencing the hatching performance of Japanese quail eggs. **Br. Poult. Sci.** 29:101-112.1998.
- [22] NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Animal environment, housing, and management. **Guide for the care and use of laboratory animals**. Institute of Laboratory Animal Resources. Commission on Life Sciences. National Academy Press. Washington, D.C. Pp. 21-55. 1996.
- [23] NESTOR, K.E.; NOBLE, D.O.; EMMERSON, D.A. Genetics of growth and reproduction in the turkey. 13. Effects of repeated backcrossing of an egg line to two sire lines. **Poult. Sci.** 76:227-235. 1997.
- [24] OROZCO, F. Selección. Conceptos básicos de genética cuantitativa. **Mejora Genética Avícola**. Agroguias Mundi-Prensa. España. 230 pp. 1991.
- [25] PEEBLES, E.D.; MARKS, H.L. Effects of selection for growth and selection diet on eggshell quality and embryonic development in Japanese quail. **Poult. Sci.** 70:1471-1480. 1991.
- [26] QUINTANA, L.J.A. Coturnicultura. **Avitecnia**. Manejo de las aves domésticas más comunes. 2ª Ed. Editorial Trillas. México. 384 pp 1999.
- [27] RIDAY, H.; BRUMMER, E.C. Forage yield heterosis in alfalfa. **Crop Sci.** 42:716-723. 2000.
- [28] SEFTON, A.E.; SIEGEL, P.B. Body weight relationships of newly hatched Japanese quail. **Poult. Sci.** 53:1254-1256. 1974.
- [29] SEKER, I.; KUL, S.; BAYRAKTAR, M. Effects of parental age and hatching egg weight of Japanese quails on hatchability and chick weight. **Internat. J. Poul. Sci.** 3:259-265. 2004.
- [30] SHERIDAN, A.K.; RANDALL, M.C. Heterosis for egg production in White Leghorns-Australorp crosses. **Br. Poult. Sci.** 18:69-77. 1977.
- [31] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE (SAS). User's Guide Statistics. Cary, North Carolina. 646 pp. (Version 8,1). 2001.
- [32] STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. Análisis de la varianza II: Clasificaciones múltiples. **Bioestadística. Principios y Procedimientos**. Editorial McGrawHill. México. 622 pp. 1988.
- [33] TSERVERNI-GOUSHI, A.S. Relationship between parental age, egg weight and hatching weight of Japanese quail. **Br. Poult. Sci.** 28:749-752. 1987.
- [34] TUTEIN, B.U. Food efficiency in pure strains and hybrids of laying hens analysed in a diallel cross: I. Effect of total heterosis on important traits. **Acta Agr. Scand.** 46:137-143. 1996.
- [35] WILSON, W.O.; ABBOTT, U.K.; ABPLANALP, H. Evaluation of *Coturnix* (Japanese quail) as pilot animal for poultry. **Poult. Sci.** 40:651-657. 1961.