



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA

HEREDABILIDAD DE LA CONCENTRACIÓN DE HEMOGLOBINA EN PALOMA MENSAJERA COMO MÉTODO DE SELECCIÓN.

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA

JORGE RAMÓN LÓPEZ MORALES

Asesores

MVZ Dr. Carlos Gutiérrez Aguilar

MVZ Dra. Lucía Rangel Porta

MÉXICO, D. F.

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis asesores, Dra. Lucía Rangel y Dr. Carlos Gutiérrez por el diseño del tema y su valiosa guía durante el desarrollo de esta tesis.

Gracias.

Así mismo, mi reconocimiento a quienes brindaron apoyo en el presente trabajo:

Dr. Hugo Montaldo. Depto. de Genética.

Mtra. Susana Rojas. Depto. de Reproducción.

Dr. Napoleón Nieto. Colombófilo.

Al buen amigo Guillermo Gutiérrez. Depto. de Reproducción.

A todos ellos Gracias

Y por supuesto mi sincero respeto por nuestras especies domésticas de quienes tomamos su sangre y sus vidas para poder aspirar a ser mejores personas.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
MATERIAL Y MÉTODOS.....	11
RESULTADOS.....	14
DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN.....	18
REFERENCIAS.....	24

RESUMEN

LÓPEZ MORALES JORGE RAMÓN. Heredabilidad de la concentración de hemoglobina en paloma mensajera como método de selección (bajo la dirección de: Dr. Carlos G. Gutiérrez Aguilar y Dra. Lucía E. Rangel Porta).

Las características cuantitativas relacionadas al rendimiento atlético en animales deportivos, como la concentración de hemoglobina, tienen un valor de heredabilidad significativo. Por lo tanto, la selección de animales para reproducción basada en estas características puede ser utilizada en apoyo a las prácticas de mejoramiento animal.

El objetivo de este estudio fue estimar la heredabilidad de la hemoglobina en la paloma mensajera (*Columba livia*), y hacer la predicción de la ganancia genética en los hijos de un grupo de palomas seleccionadas en base a concentración de hemoglobina. La heredabilidad se calculó por el método de regresión con el programa estadístico Reml, tomando la concentración de hemoglobina en el pichón y el promedio de la concentración de sus padres. El análisis se efectuó en 79 parejas de palomas adultas y 211 pichones. Para la determinación de la concentración de la hemoglobina se empleó el método de cianometahemoglobina. Las tomas de las muestras sanguíneas se realizaron, en el caso de los adultos, antes de comenzar la postura y en los pichones, a la edad de 45 días, antes de sus primeros vuelos. Se obtuvo un valor de heredabilidad de 0.32 ± 0.10 ($P < 0.05$). Con esta heredabilidad se estimó la ganancia de hemoglobina que la descendencia obtendría como respuesta a la selección del 20% mejor de los machos y el 50% mejor de las hembras; la ganancia calculada fue del 6.63% de hemoglobina con respecto a la concentración media de la población de progenitores, concluyendo que la concentración de hemoglobina es una variable heredable.

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

La colombofilia es la afición del hombre por la paloma, la cual se cría como ornato y para la competencia deportiva, siendo esta última disciplina la más popular. Hasta finales del siglo XVIII, la paloma mensajera era empleada por militares, periódicos, agencias de noticias, comerciantes y corredores de bolsa para enlazar la información relativa a su trabajo y conocer los hechos que acontecían en el mundo.¹ Finalmente, con el arribo de los medios electrónicos de comunicación, se han formado innumerables palomares deportivos dejando atrás la mensajería tradicional. Ahora, la colombofilia deportiva se practica en más de ochenta países afiliados a la Federación Colombófila Internacional (FCI), entre ellos México, donde la afición a la paloma crece paulatinamente, lo que permite encontrar palomares en todo el territorio nacional, con diferentes grados de desarrollo.

La colombofilia Belga cuenta con los mayores adelantos técnicos, creando en torno a la paloma una importante industria.² La FCI tiene registrados alrededor de un millón de colombófilos, de estos, aproximadamente 350,000 son chinos. En México, el desempeño de la colombofilia va en aumento gracias a la participación de entusiastas aficionados que día a día buscan elevar la calidad de sus palomas. Este esfuerzo ha permitido que la colombofilia mexicana mantenga buen nivel en las competencias internacionales.

La paloma mensajera se caracteriza por tener una fuerte estructura corporal y un buen sentido de orientación que le permite regresar a su palomar, siempre y cuando el clima sea favorable. Algunas ligeras eventualidades del clima pueden ser superadas por palomas con buen entrenamiento y excelente

condición física. Las palomas adultas en plena forma pueden realizar vuelos sin descanso en competencias cuyas distancias pueden superar los 900 km.²

La colombofilia, como cualquier otra actividad productiva animal, requiere de un eficiente manejo de los animales para la obtención de resultados favorables. La selección adecuada de las aves para la reproducción es elemental para obtener palomas de buena calidad para el vuelo y la reproducción. Es de esperar que de la población total de aves solo un grupo pequeño de palomas cumplirán con las características deseables para convertirse en buenos reproductores, de esta forma, una inadecuada selección hará que en el grupo reproductor entren palomas cuya descendencia no desarrolle las cualidades necesarias para el vuelo de competencia. Así mismo, una mala selección de reproductores provocará con el tiempo que el palomar se sature de animales de baja calidad, aún cuando existan ejemplares de extraordinaria valía en la población.² Esto hace que la selección sea un proceso estricto, que en esta especie debe realizarse generación a generación con el fin de identificar a los mejores ejemplares.

Con la selección de los reproductores se pueden utilizar varios manejos reproductivos, los más prácticos son, por ejemplo, elegir un pequeño número de machos y hembras, ambos de calidad probada. Otra práctica común es elegir por cada macho un número variable de hembras, en promedio seis hembras; así mismo, otro modelo consiste en trabajar con pocas parejas de gran clase y un grupo de nodrizas para obtener en promedio 10 a 12 pichones por pareja cada temporada.² La capacidad reproductora de una paloma permanece por un número de años considerable, siempre que goce de buena salud y solo se le retira cuando sus condiciones físicas decrecen.²

Para identificar a las palomas adecuadas para la reproducción se requiere el examen de algunos factores básicos: En primer lugar, solamente los animales

sanos y en plenitud física deben considerarse como posibles reproductores. La salud de la paloma se mantiene con una alimentación balanceada y de calidad, métodos profilácticos adecuados e instalaciones higiénicas y funcionales. Algunas características específicas que se buscan en las palomas mensajeras son, por ejemplo, una fuerte musculatura, un plumaje abundante y el menor peso corporal posible; estas características se requieren para un buen desempeño atlético en el vuelo. Finalmente, se buscan aves de buen carácter, gran vitalidad, inteligencia y marcado afecto por su palomar.²

En general, el mejor método para seleccionar reproductores se basa en los propios méritos deportivos de cada individuo,³ esto permite conservar, con buen porcentaje, las características de importancia de los mejores animales.³ Este tipo de selección es el más utilizado en la cría de palomas mensajeras.²

Una característica importante en la paloma es la resistencia y capacidad de adaptación al ejercicio, la paloma debe satisfacer la mayor demanda de oxígeno durante el vuelo. En tales condiciones, el organismo de los vertebrados reacciona ajustando sus valores hemáticos mediante el aumento en la cantidad de eritrocitos, cuya hemoglobina (Hb) es la encargada del transporte de oxígeno a los tejidos que lo requieren en mayor cantidad.

La fisiología de la respiración en las aves presenta diferencias importantes en relación a los mamíferos. En general, las características del sistema respiratorio de las aves les permiten una mejor adaptación al ejercicio sin cambios significativos en sus valores hemáticos.⁴ Por ejemplo, las aves tienen un número mayor de capilares en contacto con los tejidos, son más resistentes a la alcalosis, su flujo sanguíneo al cerebro es siempre constante y su sangre alcanza una mayor saturación de oxígeno.⁴ En la paloma, un estudio reveló que la cantidad de bronquios terciarios es más elevada que en otras aves

domésticas,⁵ y en otro estudio se afirma que la concentración de hierro en su sangre es mayor en comparación a otras aves domésticas como pavos, patos y pollos.⁶

Como respuesta natural al ejercicio, los valores hemáticos presentan una variación, específicamente del hematocrito (Ht), que es el volumen que ocupan los eritrocitos en la sangre, de esta forma se liberan más eritrocitos para cubrir el aumento en la tasa respiratoria durante la actividad física. A su vez, durante la vida de los vertebrados, la concentración del hematocrito y la hemoglobina cambian debido a factores naturales como el sexo, la edad, la altura, la especie, el ejercicio, la nutrición y el estado fisiológico.⁴

La hemoglobina es un derivado nitrogenado de la ferroprotoporfirina, es una proteína conjugada compuesta de globulina y ferroprotoporfirina o hem el cual consta de una parte orgánica y un átomo de hierro en su estado ferroso (Fe⁺⁺). Las hemoglobinas de ave y mamífero son muy similares, tienen un peso molecular aproximado de 68.000⁷ y son en esencia tetrámeros que constan de cuatro cadenas péptidas, dos α y dos β compuestas por eslabones de aminoácidos. Cada cadena de la hemoglobina se une a un átomo de oxígeno y lo transporta desde el pulmón hasta los tejidos donde lo libera, y finalmente acarrea el CO₂ para su eliminación, influyendo activamente en el equilibrio ácido/base de la sangre.⁷ Cada gramo de hemoglobina puede transportar hasta 1.36 ml de oxígeno.⁸

La hemoglobina de ave y mamífero son en su función y estructura muy similares, sin embargo algunas de las diferencias más relevantes tienen que ver con la afinidad al oxígeno,⁹ por ejemplo, en la hemoglobina de ave se encuentra el segundo mensajero inositol pentafofato (IP5), mientras que en los mamíferos se halla su equivalente el 2, 3-difosfoglicerato (DPG), ambos

compuestos provocan que la hemoglobina disminuya su afinidad hacia el oxígeno cuando los músculos en ejercicio lo requieren en mayor cantidad. El decremento en la afinidad hacia el oxígeno provocado por el IP5 en las aves es mayor al observado con el DPG en los mamíferos.⁹

Conocer la heredabilidad (h^2) de las características que favorecen el rendimiento de los animales con fines atléticos puede hacer posible la selección a partir de una o varias de ellas. Se ha planteado que las características relacionadas con el desempeño atlético tienen una marcada influencia genética en los mamíferos,² y sus valores de heredabilidad se encuentran entre los más altos dentro de la explotación pecuaria.⁸ Esto hace que el conocimiento de la heredabilidad de una característica específica se pueda emplear como herramienta de selección en palomas para obtener nuevas generaciones con rasgos de calidad bien definidos, siempre que la selección de los reproductores sea la correcta.² La influencia genética en las características atléticas en las palomas aún no está bien estudiada, sin embargo, es común obtener de las palomas de gran rendimiento pichones de buena calidad.

La heredabilidad permite conocer la contribución relativa de los genes en la variabilidad de una característica métrica.¹⁰ La heredabilidad no es una propiedad exclusiva de una característica, también lo es de la población y del ambiente en donde crecen los individuos. La heredabilidad no indica en que grado una característica es genética, mide solamente la proporción de la varianza fenotípica que es resultado de factores genéticos.¹⁰ La heredabilidad en sentido estricto (h^2) es el cociente entre la varianza genética aditiva y la varianza fenotípica.

$$h^2 = V_G / V_P$$

El genotipo (G) es el conjunto particular de genes que da un cierto valor al individuo.¹⁰ El valor genotípico consta de tres componentes: valor aditivo (A), el valor dominante (D) y el valor de interacción (I). El valor aditivo es el más importante y se presenta cuando cada alelo tiene un valor específico que contribuye al genotipo final. En la acción dominante, los homocigotos y los heterocigotos tendrán un valor fenotípico igual y la interacción se presenta cuando una característica cuantitativa es controlada por genes de dos o más loci.¹⁰

El fenotipo (P) es la suma del valor genotípico y la desviación ambiental:

$$P = G + E$$

La variación ambiental (E) es el cúmulo de causas no genéticas que influyen en la variabilidad del fenotipo,¹⁰ y son los factores nutricionales y climáticos los más comunes en la variación ambiental. Sin influencia del ambiente el valor genotípico será igual al valor fenotípico.¹⁰ Esto sucede en individuos que han crecido en el mismo ambiente, así, las diferencias entre unos y otros se deberán solamente a causas genéticas. Del mismo modo, si no hay influencia del genotipo todo el valor fenotípico se deberá al efecto ambiental.¹⁰

La cantidad de variación de una característica cuantitativa se denomina varianza, y es la base en el estudio de las propiedades genéticas de una población.¹⁰ La varianza (V) se define como la media de las desviaciones al cuadrado de una característica con respecto a la media.¹⁰ Los componentes de la varianza fenotípica y genotípica son los mismos que para los valores fenotípicos y genotípicos. La varianza genotípica se descompone en:

$$VG = VA+VD+VI+VE$$

La varianza aditiva es la de mayor importancia ya que cada alelo tiene un valor específico que contribuye al fenotipo final.

El fenotipo, por lo tanto, es la suma de la varianza genotípica y la varianza ambiental:

$$V_P = V_G + V_E$$

Como la heredabilidad depende de la medida de todos los componentes de la varianza, un cambio en cualquiera de estas la afectará, es así que la heredabilidad se refiere al paso de una generación a la siguiente y por tanto, su valor para una característica en particular cambiará de generación en generación.¹⁰

Una gran fuente de variación fenotípica no genética, principalmente en los mamíferos, es causada por las diferencias en las madres.¹¹ El tipo de cuidado maternal, la calidad y composición de los huevos en el caso de las aves, y la condición fisiológica de las madres durante la crianza o incubación de los huevos pueden afectar el valor fenotípico de muchas características métricas de la descendencia. Todas estas causas de variación se denominan efectos maternos, y son la causa de que los hijos de la misma madre se parezcan. Identificar los efectos maternos ayuda a estimar un valor de heredabilidad preciso y también predecir la respuesta a la selección.¹¹

También se ha confirmado la importancia de la línea materna, por ejemplo, el proceso respiratorio oxidativo, que produce la mayor cantidad de energía, se lleva a cabo en la mitocondria, y la heredabilidad mitocondrial solo se da por vía materna.³

La selección de los reproductores es la base para el mejoramiento genético de los animales.¹³ La selección consiste en elegir a los animales con las mejores

características para esperar el máximo de calidad en la descendencia, alterando así la varianza genotípica que determinan las características de interés.¹³ El cambio en el valor medio de una característica de una generación a otra, se conoce como la respuesta a la selección (ΔG),¹³ la cual depende de la heredabilidad de la característica en la población donde se realiza la selección y puede calcularse por la diferencia entre la media de la progenie y la media de la población base. Para medir la selección aplicada se utiliza el diferencial de selección (DS), que es una medida de la superioridad de los progenitores seleccionados, y se define como la desviación con respecto a la media de la población del valor fenotípico medio de los individuos seleccionados como progenitores.¹³ La magnitud del diferencial de selección depende de dos factores: la proporción de la población incluida en el grupo selecto y la desviación estándar fenotípica de la característica (σF). La desviación estándar mide la variabilidad de una característica y es una propiedad de la población, la cual proporciona las unidades con las cuales se expresa la respuesta, por ejemplo, milímetros, centímetros, gramos, kilogramos etc. La respuesta a la selección puede expresarse en unidades estándar si el diferencial de selección se expresan en términos de la σF . Entonces, el cociente ($SD/\sigma F$) es una medida generalizada del diferencial de selección, por medio del cual se pueden comparar diferentes métodos o procedimientos para realizar una selección, y se denomina intensidad de selección (i), y depende únicamente del porcentaje de la población seleccionada. Sus valores se consultan en las tablas de intensidad de selección para proporciones de animales, siempre que los valores fenotípicos sean normales. La ecuación de la ganancia genética queda así:

$$\Delta G = i * \sigma F * h^2$$

El objetivo de este trabajo es determinar la heredabilidad de la hemoglobina y estimar la posible ganancia genética en la descendencia de una selección de reproductores con base a concentraciones altas de hemoglobina.

HIPÓTESIS

La hemoglobina es una característica heredable en paloma mensajera, que puede emplearse como método de selección de reproductores.

MATERIAL Y MÉTODOS

Características de los animales.

Se empleó un total de 79 machos y 79 hembras de paloma adulta para formar parejas que entraron en periodo de reproducción. Se criaron un total de 211 pichones sanos. Los reproductores no practicaban el vuelo, compartían la misma dieta y gozaban de buena condición física; además, compartían ambientes similares en los alojamientos que habitaban. Para alcanzar la cifra de 211 pichones se permitió un máximo de tres nidadas por pareja.

Para estimar la heredabilidad de la hemoglobina, el primer paso fue la toma de muestras de sangre para calcular su concentración en el total de los animales. En el caso de los pichones, la toma de muestras se realizó a los 45 días de edad, antes de iniciar sus primeros vuelos. Las muestras de los reproductores se tomaron antes de comenzar la reproducción, para evitar cambios en la concentración de hemoglobina debido a la postura.

Prueba de laboratorio.

La prueba requirió de 0.02ml de sangre obtenida por punción directa de la vena tibial caudal. La colecta se realizó en viales de 200 microlitros con EDTA como anticoagulante y refrigerante para su traslado al laboratorio. La concentración de hemoglobina total en sangre se determinó por medio de la técnica de cianometahemoglobina. El principio de la técnica consiste en mezclar la sangre con el reactivo de Drabkin, cuya fórmula es 1.0 g de bicarbonato de sodio, 50 mg de cianuro de potasio (KCN), 200mg de ferricianuro de potasio ($K_3 Fe(CN)_6$) y agua destilada cbp 1000 ml. Esta solución lisa los eritrocitos y deja libre la hemoglobina. El ferricianuro de potasio transforma el hierro de la hemoglobina

del estado ferroso (Fe^{++}) al férrico (Fe^{+++}) para formar metahemoglobina, la cual se combina con cianuro de potasio formando el pigmento estable llamado cianometahemoglobina.¹⁵

Cada muestra de sangre se mezcló con 5 ml de solución Drabkin, posteriormente fueron centrifugadas a 2600 xg (5000 rpm) durante 5 minutos para sedimentar los fragmentos del eritrocito que pudieran interferir en la interpretación del resultado. Finalmente, se realizó la lectura de la densidad óptica (DO) de cada muestra en un espectrofotómetro calibrado a 540 nm. La concentración total de hemoglobina de cada muestra se calculó empleando un estándar de cianometahemoglobina con una concentración de 200 g/L y una densidad óptica de 505.

Como análisis complementario se graficó la relación hemoglobina–hematocrito. Para este estudio se eligieron al azar a 40 de las 79 parejas reproductoras y a sus respectivos hijos, un total de 78 pichones. El hematocrito de las aves seleccionadas se midió a través de capilares para microhematocrito. Los capilares se centrifugaron a 14000 xg (12000 rpm) por 5 minutos.

HEREDABILIDAD Y GANANCIA GENÉTICA.

Para realizar el cálculo de heredabilidad de la concentración de hemoglobina se utilizó el programa matemático de Máxima Verosimilitud Restringida (Reml), empleando para el análisis un modelo animal para descartar efectos maternos y de sexo. La estimación de la heredabilidad se realizó tomando como base de datos la regresión de la concentración de cada cría sobre la concentración promedio de ambos padres, donde la variable dependiente fue la hemoglobina

de cada cría y la variable independiente la hemoglobina promedio de ambos padres. Fórmula para estimar la heredabilidad por regresión:

$$b_{\text{ cría}} = \text{Cov} (\text{Cría}, \frac{1}{2} M + \frac{1}{2} H) / V (\frac{1}{2} M + \frac{1}{2} H) = h^2$$

Donde:

b es la regresión de la cría

Cov es la covarianza del macho, de la hembra y la cría respectivamente.

M y H es el progenitor macho y hembra respectivamente

V es la varianza del macho y la hembra respectivamente.

h² es la heredabilidad

La predicción de la ganancia promedio de hemoglobina en los hijos de palomas seleccionadas con base a concentración alta de hemoglobina se calculó con la ecuación de la ganancia genética (ΔG):

$$\Delta G = h^2 * i * \sigma F$$

Donde:

i es la intensidad de selección.

σF es la desviación estándar fenotípica de la hemoglobina.

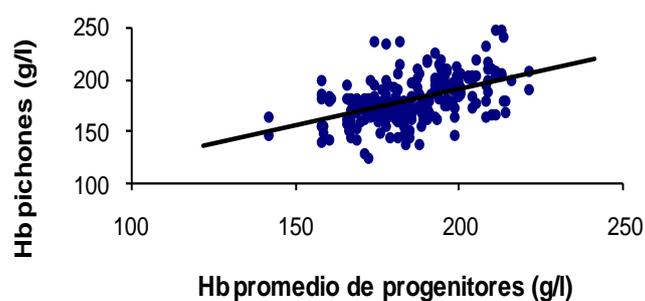
h² es la heredabilidad de la característica.

RESULTADOS

La concentración promedio de hemoglobina en la población de palomas adultas fue de 185.75 ± 19.80 g/l, en los pichones fue de 180.60 ± 22.30 g/l. El hematocrito promedio en la muestra de progenitores fue de 0.528 l/l y en los pichones del 0.496 l/l

En la figura 1 se muestra la correlación entre la concentración promedio de hemoglobina de la población total de progenitores y la concentración de hemoglobina de sus respectivos pichones.

Fig. 1 Correlación de la concentración de hemoglobina (Hb) entre el promedio de los progenitores y los hijos de palomas mensajeras



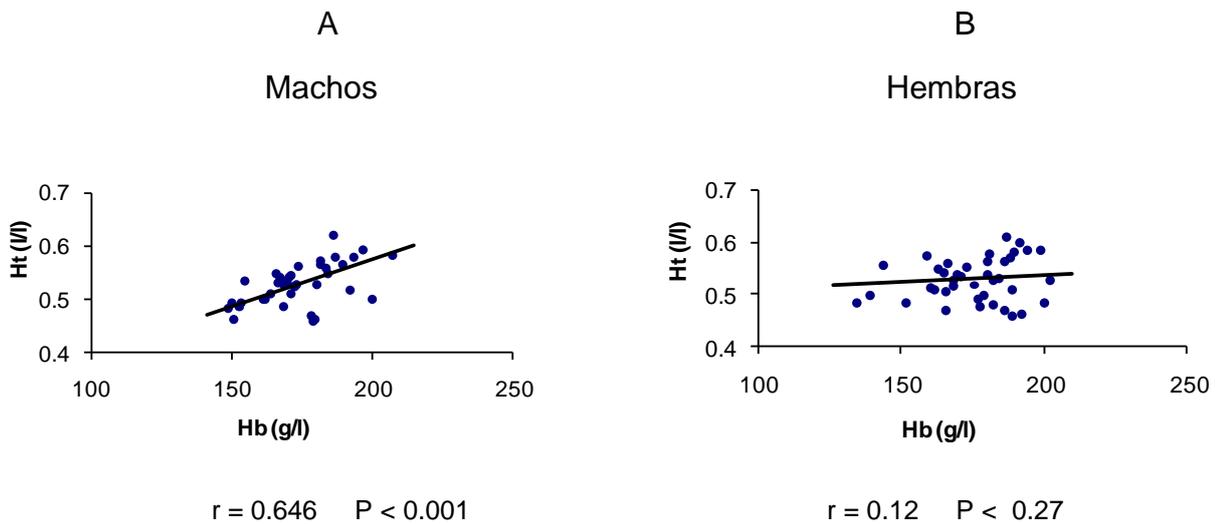
$$r = 0.490 \quad P < 0.001$$

La correlación positiva demuestra una relación directa entre la concentración de hemoglobina de los padres y la de sus crías.

En la figura 2 se demuestra que en machos adultos (Panel A) y en hembras adultas (Panel B), la concentración de hemoglobina se correlaciona

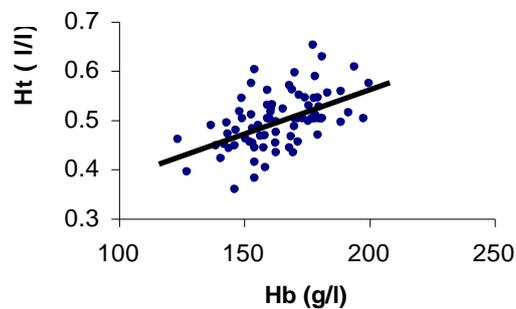
positivamente con un aumento en el hematocrito. Análisis en 40 machos y 40 hembras seleccionados al azar de la población total.

Fig. 2 Correlación hematocrito-hemoglobina (Ht/Hb) en machos (Panel A) y hembras (Panel B) de palomas mensajeras.



En la figura 3 se demuestra la correlación positiva entre el hematocrito y la concentración de hemoglobina en pichones. Análisis en 78 pichones hijos de los reproductores del anterior análisis.

Fig. 3 Correlación hematocrito-hemoglobina (Ht/Hb) en pichones



$r = 0.514$ $P < 0.001$

HEREDABILIDAD Y RESPUESTA A LA SELECCIÓN

La heredabilidad de la hemoglobina para la relación progenitor medio – hijo fue de $h^2 = 0.32 \pm 0.10$. ($P < 0.05$). Este valor de heredabilidad no fue afectado por efectos maternos ($P > 0.05$).

Se calculó teóricamente la ganancia genética en dos grupos de animales como ejemplos factibles de selección, (grupos A y B), cada uno con distinta presión de selección para machos y hembras respectivamente. El grupo A se formó con el 20% mejor de los machos y el 50% mejor de las hembras. El grupo B se integró con el mejor 20% de machos y hembras respectivamente.

Fórmula de la ganancia genética (ΔG):

$$\Delta G = (h^2) (i) (\sigma F)$$

Los valores de i se toman de las tablas de intensidad de selección*

La σF en este estudio es = 35 g/l hb (Reml)

$$h^2 = 0.32$$

Grupo A: i para machos = 1.40, i para hembras = 0.80, por lo tanto, el i promedio = **1.10**

$$\text{Así: } \Delta G = (h^2) (i) (\sigma F) = (0.32) (1.10) (35) = 12.32 \text{ g/l de hb}$$

Grupo B: i para machos = 1.40, i para hembras = 1.40, por lo tanto, el i promedio = **1.40**

$$\text{Así: } \Delta G = (h^2) (i) (\sigma F) = (0.32) (1.40) (35) = 15.68 \text{ g/l de hb}$$

* Tablas de intensidad de selección: Carmona, M, Gasque, R. Mejoramiento animal. Genética. México: UNAM FMVZ, 2003

En el cuadro 1 se resume el resultado de la estimación de la ganancia genética en los grupos A y B.

Cuadro 1

TABLA DE RESULTADOS DE LA GANANCIA GENÉTICA TEÓRICA EN LOS GRUPOS A Y B

	Grupo A	Grupo B
Porcentaje de selección	20% machos y 50% hembras	20% machos y 20% hembras
Valor de i para machos	1.40*	1.40*
Valor de i para hembras	0.80*	1.40*
i promedio	1.10	1.40
σ_F Hb	35 g/l	35 g/l
Ganancia genética	12.32 g/l de Hb	15.68 g/l de Hb

i = intensidad de selección σ_F = desviación estándar fenotípica Hb = hemoglobina

En el grupo A la ganancia genética estimada de **12.32 g/l** de hemoglobina equivalente a un aumento del **6.63%** con respecto a la media de la concentración de la población base (**185.75 g/l**). En el grupo B la ganancia estimada de **15.68 g/l** de hemoglobina equivalente a un aumento del **8.44%** en relación a la media de la población base.

Se observa que al disminuir la proporción de animales aumenta la intensidad de selección, y de esta forma se incrementa la ganancia genética.

DISCUSIÓN

El presente estudio mostró que la hemoglobina es una característica heredable en la paloma mensajera y es posible realizar una selección de animales para reproducción con alta concentración de hemoglobina con el fin de obtener hijos con hemoglobina en concentraciones mayores a la media de la población.

El valor de la heredabilidad estimada para la hemoglobina en este estudio (0.32 ± 0.10) se considera medio, ya que de acuerdo a la literatura, los valores de heredabilidad en el rango de 0.25 al 0.50 son así considerados.¹³ La heredabilidad de toda característica cuantitativa puede ser afectada por la acción de factores no genéticos, como pueden ser muchas de las variaciones morfológicas, fisiológicas o de comportamiento, debidas a causas ambientales experimentadas muy temprano en el desarrollo.¹⁰ Los efectos maternos suelen ser importantes en la variación fenotípica no genética, así, cuando los efectos maternos complican el cálculo de la heredabilidad, se procede a realizar la correlación entre el fenotipo de los padres machos y el fenotipo de su descendencia para excluir el efecto materno, y así, el valor de la correlación se puede tomar como evidencia de variación genética asociada al fenotipo en cuestión.¹¹ Estas posibles causas de variación en la estimación de la heredabilidad se descartaron mediante el análisis con el programa estadístico Reml, por lo tanto, el valor estimado de heredabilidad de la hemoglobina en este estudio se debe, como en la mayoría de los casos, a la interacción de los efectos ambientales y la expresión de los genes que determinan la variabilidad del genotipo de la hemoglobina.

Al calcular la ganancia genética utilizando el valor de heredabilidad obtenido, se estima un teórico incremento en la concentración promedio de hemoglobina en la descendencia con respecto a la media de la poblacional original, esta

ganancia es la respuesta a la selección empleando a los reproductores con las concentraciones más altas de hemoglobina, y podrá aumentar o disminuir de acuerdo a la intensidad de selección empleada. Esta respuesta a la selección es válida, en principio, para la población original donde se efectuó la selección. La respuesta a la selección depende tanto de la heredabilidad de la característica en la población en la cual se seleccionaron a los progenitores, como a la misma presión de selección.¹⁰ Aumentar la intensidad de selección parece ser un método directo para mejorar la respuesta genética en un grupo de animales, pero se debe tomar en cuenta dos factores limitantes: el tamaño de la población y la consanguinidad, esto establece un límite en el número de individuos que se van a utilizar como progenitores.¹⁰ En este caso se encontró que la ganancia genética se puede incrementar al aumentar la intensidad de selección de los reproductores concordando con lo descrito en la literatura. Con la ganancia genética calculada para la hemoglobina en este estudio, se espera que la nueva generación de palomas y su futura descendencia mantengan valores mayores a la media de la población original de estudio.

Debe considerarse que el efecto básico de la selección es cambiar las frecuencias génicas,¹⁰ de manera que las propiedades genéticas de la generación filial, en particular la heredabilidad, no son las mismas que en la generación parental, ya que son desconocidos los cambios en las frecuencias génicas.¹⁰ Debido a la presión de selección, el valor de heredabilidad de toda característica cuantitativa será variable de generación en generación, por lo tanto, es preciso obtener un valor de heredabilidad nuevo en cada proceso de selección para una característica en particular, esto se debe a que la selección y los factores ambientales se suman para provocar la variabilidad en las frecuencias de los genes que determinan las características de interés, de esta forma puede haber un aumento o una disminución en el valor de una característica en particular.¹³ Una característica con un valor de heredabilidad

medio, indica que su componente aditiva es más importante que otras, así, estas características serán más fáciles de mejorar al seleccionar a los mejores animales para la reproducción. En cambio, en las características de baja heredabilidad, los factores ambientales tienen una mayor influencia, lo que hace más difícil la mejora genética.¹⁰

Aunque se sabe que los genes aditivos influyen en la herencia de las características de calidad, el mecanismo genético responsable del rendimiento deportivo en las palomas no ha sido bien analizado, lo que sí ocurre en otras especies domésticas de valor zootécnico elevado,¹³ donde se puede evaluar el rendimiento con base a su producción. De esta forma, el método más práctico y directo para evaluar el rendimiento de la paloma es a partir de sus logros en las competencias. Se ha identificado de manera general, el modo de herencia de algunas características relacionadas con la capacidad atlética de la paloma, por ejemplo, se menciona que el carácter, la inteligencia, la velocidad y el talento para volar una distancia determinada, se transmiten de forma aditiva y son influenciadas por varios centenares de genes y normalmente son mejorados por consanguinidad.¹⁶ Por otro lado, características como la vitalidad, la capacidad para volar en determinados climas y la facilidad para tomar condición y forma por largos periodos de tiempo no son aditivas y dependen de pocos genes recuperándose a través de cruzamientos bien planeados.¹⁶

El hematocrito y la hemoglobina, elementos analizados en este estudio, muestran una correlación positiva, lo que indica que ha concentraciones de hematocrito mayores corresponde una concentración mayor de hemoglobina.

El hematocrito puede experimentar cambios normales en su valor debido a diversos factores naturales, así, es de esperar que la hemoglobina presente también variaciones en su concentración. Los cambios en los valores

hemáticos en aves se consideran una respuesta natural a diversos factores relevantes como son la altitud, el estado de salud, la alimentación, y época del año.¹⁷ Los efectos que estas variables tienen sobre el hematocrito en aves no están aún bien definidos y pueden variar de acuerdo a la especie.¹⁷ El hematocrito es generalmente distinto en cada etapa del desarrollo del ave, así, mientras crece el pichón, hay producción de eritrocitos por parte del hígado, el bazo y la médula ósea.¹⁷ Para reducir la posibilidad de variación en este sentido, el análisis se llevó a cabo a los 45 días de edad del pichón, cuando está completamente emplumado y listo para volar. Por otro lado, no hay evidencia que afirme que el hematocrito disminuya con la edad en aves sanas;¹⁷ en el caso del grupo de machos y hembras seleccionados no hubo cambios al respecto. Así mismo, se ha propuesto que el sexo del ave no induce diferencias en los valores del hematocrito,¹⁷ lo cual concuerda con los valores encontrados en este estudio. Las aves en etapa reproductiva experimentan algunos cambios en su hematocrito debido a que los andrógenos estimulan la eritropoyesis, mientras que los estrógenos la inhiben;¹⁷ para controlar esta fuente de variación en este estudio, las muestras obtenidas de las palomas adultas se realizaron antes de iniciar el periodo de reproducción. En condiciones de altura, el aumento en el hematocrito se considera compensatorio y son cambios relativamente menores, en este caso, el incremento en el hematocrito se debe a la liberación de eritropoyetina;¹⁷ sin embargo, para este estudio, la altura no fue un factor de variabilidad, pues todos los animales han habitado siempre en la misma altitud.

Otros factores involucrados en la variación son la temperatura ambiente, la muda, la alimentación y el fotoperiodo.¹⁷ Las palomas del presente estudio compartían alojamientos similares y las colectas de sangre se efectuaron fuera del periodo de muda y en una misma época del año para evitar variabilidad por el fotoperiodo. Por otro lado, la desnutrición provoca la inhibición de la

eritropoyesis; adicionalmente las deficiencias de hierro y ácido fólico promueven el desarrollo de anemias no regenerativas.¹⁷ En este estudio, la alimentación consistió en una mezcla balanceada de granos y complementos que garantizaron la salud de las palomas, y lo anterior se corrobora porque el hematocrito de la muestra de los animales se mantuvo en el rango citado por la literatura del 0.350 l/l – 0.550 l/l.¹⁷

En conclusión, el presente trabajo demuestra que la hemoglobina es una característica heredable que puede ser empleada para selección de reproductores de paloma mensajera con el objetivo de obtener pichones cuyas concentraciones de hemoglobina sean superiores a la concentración media de su población. Con valores de hemoglobina altos en las palomas se espera una adaptación más eficiente a la demanda aeróbica durante el vuelo. La selección constante y programada de los animales en cada generación, dará la oportunidad de conservar para la reproducción a un grupo pequeño de animales con la seguridad de que serán los más aptos para heredar las características cuantitativas de elección en sus hijos, con la finalidad de obtener ganancia genética en la característica seleccionada, en este caso, la concentración de hemoglobina en paloma mensajera. De esta forma se apoya la teoría de que la heredabilidad de las características que intervienen en el desempeño de los animales con finalidad deportiva pueden elegirse dentro del grupo de criterios evaluados para la selección en los programas de reproducción.

REFERENCIAS

1. Martínez F. La Paloma mensajera. México: Boletín de la Federación Mexicana de Colombofília A. C. 1991.
2. Márquez C. Selección continua de las palomas para la competición. Serie en línea 2007. Disponible en URL:<http://CarlosMarquezPrats.com>. Editorial
3. Martínez P. Proyecciones del empleo de la fisiología del ejercicio en el manejo hípico del equino. Tecno Vet. 1998; 4 (2). Disponible en: www.tecnovet.uchile.cl
4. Schmidt-Nielsen K. Animal physiology. 5ª ed. United Kingdom: Cambridge University press, 1997.
5. Sturkie P. Fisiología aviar. España: Acribia, 1968.
6. Oladele B. Effects of season and sex on packed cell volume, haemoglobin and total proteins of indigenous pigeons in Zaria, Northern Nigeria.
7. Gómez C, Petrón P, Andaur M. Medición post-ejercicio de variables fisiológicas, hematológicas y bioquímicas en equinos de salto Holsteiner. Boletín de la Escuela Veterinaria, Universidad Católica de Temuco, Chile, 2005
8. Martínez R. Bases fisiológicas para el manejo hípico del equino. Monografías de Medicina Veterinaria. 1989; 11 (2)
9. Ajloo D. Comparative structural and functional studies of avian and mammalian hemoglobins. Institute of Biochemistry and Biophysics, University Tehran. 2002, 49 (2) pag. 459-470
10. Ramírez L. Egaña B. Guía de conceptos de genética cuantitativa. España: UPN, 2003
11. Falconer D S. Introducción a la genética cuantitativa. Zaragoza, España: Acribia, 1996
12. Márquez C. Genética. Editorial Serie en línea 2007. Disponible en URL:<http://CarlosMarquezPrats.com>.

13. Carmona M, Gasque R. Mejoramiento animal. Genética. México: UNAM FMVZ, 2003.
14. Eckert R. Fisiología animal. México: McGraw-Hill Interamericana, 1999.
15. Nikinmaa M. Vertebrate red blood cells. Berlín: Springer-Verlag 1990.
16. Márquez C. Genética de poblaciones. Disponible en URL:<http://CarlosMarquezPrats.com>. Editorial Serie en línea 2007.
17. Fair J, Whitaker S. Sources of variation in haematocrit in birds. Los Alamos National laboratory 2007, (149): 535-552.
18. Iron haemoglobin pigeons. Department of Pathology and Microbiology, Faculty of Veterinary Medicine, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria. 2001
19. Perea Manuel. Hemoglobina. Serie en línea. 2005; 1 (1): 11 paginas. Disponible en: [URL:http://colombia médica, univalle. edu.co](http://colombia_médica.univalle.edu.co) / vol. 36 no. 3
20. Potti J, Moreno J. Environmental and genetic variation in the haematocrit of *Ficedula hypoleuca*. Departamento de Biología Animal. U. De Alcalá. 1999.
21. Márquez C. Genética de poblaciones y la paloma mensajera. Serie en línea 2007 Disponible en URL:<http://CarlosMarquezPrats.com>. Editorial.
22. Ramis J, Planas J. Iron Metabolism in Pigeons. *Journal of Experimental Physiology* 2006;4:383-393
23. Alos M. Physiology and behavior of the pigeon. London: Academic, 1983.
24. Álvares A. Efecto del ejercicio en condiciones extremas en las constantes hematológicas. 2006. URL:[http://www.medigraphic.com/pdfs/circir/cc- 3/cc633h](http://www.medigraphic.com/pdfs/circir/cc-3/cc633h).
- 25 Apuntes de medicina del deporte. Archivo electrónico. Perú: Servicio Educativo, 2006.
26. Cambio en variables hematológicas. Monografía electrónica. Pérez J. Latreia. Vol. 16 No. 4. Medellín: Univ. Antioquia, 2003
27. Furandan. Bulletin of environmental contamination and toxicology. SP 50 Induced Hhaematogical Responses of Blue Rock Pigeon, *Columba livia*. Springer, New York 1998;3:297-302

28. Perutz M. F. Structure and mechanism of haemoglobin. Serie en línea. Dr. Med Bull, 1996, 32: 195-208.
29. Podulka S. Handbook of bird biology. Ithaca, New York: Cornell Lab of Ornithology, Princeton University, 2004.
30. Kardong KV. Vertebrados. Madrid: McGraw Hill, Interamericana, 1999.
31. Salvat Editores. Enciclopedia Salvat. México: Salvat, 1983.
32. Schultz R. Proteínas fisiológicas. Barcelona: Reverté, 1993.
33. Schmidt K. Adaptation and environment animal physiology. UK: Cambridge University press, 1997.
34. Wilson J. Fundamentos de fisiología animal. México, D.F: Limusa, 1989.