



Efecto del peso inicial y pérdida de peso durante la incubación sobre la tasa de eclosión de huevos de avestruz (*Struthio camelus*)

Effect of the initial weight and weight loss during incubation on the hatchability rate of ostrich eggs (*Struthio camelus*)

Marco Antonio Juárez Estrada* José Antonio Quintana López*
Omar Francisco Prado Rebolledo*,**

Abstract

Optimal average weight of ostrich eggs which were or not successful at hatching was determined throughout two laying periods. The average weight before incubation of hatched eggs was 1.526 ± 0.147 kg and 1.536 ± 0.155 kg for the first and second period, respectively. The average weight for non-hatched eggs in the first period was 1.595 ± 0.129 and 1.643 ± 0.170 kg in the second period. At 39 days of incubation, hatched eggs from the first period weighted 1.259 ± 0.108 kg, while those of the second 1.254 ± 0.120 kg. Non-hatched eggs had an average weight in the first period of 1.242 ± 0.134 kg, and 1.282 ± 0.146 kg in the second laying period. The average humidity loss in eggs hatched during the first period was $17.30 \pm 4.36\%$, and $18.20 \pm 3.22\%$ during the second cycle, while in the eggs that did not hatch during the first period it was $22.15 \pm 5.98\%$, and $21.90 \pm 5.08\%$ in the second. Most of the eggs, even those that hatched, had a humidity loss percentage greater than recommended. An alteration on vapor conductance of the eggshell is inferred, which is directly related to the characteristics of porosity of each eggshell and the average weight of the egg at the beginning of incubation.

Key words: HATCHABILITY, HUMIDITY LOSS, EGGSHELL CONDUCTANCE, INCUBATION PERIOD, OSTRICHES.

Resumen

Se determinó el peso promedio óptimo de huevos de avestruz que eclosionaron favorablemente y los que no durante dos ciclos de producción. De los primeros, el peso promedio de huevos antes de incubar, del primer ciclo fue de 1.526 ± 0.147 kg, y del segundo 1.536 ± 0.155 kg; respecto de los segundos, el primer ciclo fue de 1.595 ± 0.129 kg, y el segundo fue 1.643 ± 0.170 kg. Al día 39, el peso promedio de los huevos eclosionados del primer ciclo fue de 1.259 ± 0.108 kg, y del segundo 1.254 ± 0.120 kg. El promedio de los no eclosionados del primer ciclo fue de 1.242 ± 0.134 kg, y para el segundo de 1.282 ± 0.146 kg. La pérdida promedio de humedad de los huevos eclosionados en el primer ciclo fue de $17.30 \pm 4.36\%$, y del segundo $18.20 \pm 3.22\%$. Los no eclosionados del primer ciclo fue de $22.15 \pm 5.98\%$, y del segundo $21.90 \pm 5.08\%$. La mayor parte de los huevos, incluso los eclosionados, perdieron un porcentaje de humedad superior al recomendado. Se infiere una alteración en la conductividad de vapor de agua del cascarón, que está directamente relacionada con las características de porosidad de cada cascarón y del peso promedio del huevo al inicio de la incubación.

Palabras clave: ECLOSIÓN, PÉRDIDA DE HUMEDAD, CONDUCTANCIA DEL CASCARÓN, PERIODO DE INCUBACIÓN, AVESTRUCES.

Recibido el 4 de noviembre de 2005 y aceptado el 2 de junio de 2006.

*Departamento de Producción Animal: Aves, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D. F.

**Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Colima, Carretera Colima-Manzanillo, Km 40, Crucero de Tecmán, 28100, Tecmán, Colima, México.

Introduction

Genetic selection in ostriches has been centered mostly in the quality of products such as feathers the quantity of eggs rather than in reproduction efficiency and incubation,¹ which have had results.² Genetic selection carried out in the ostrich has been scarce and has not yet allowed that uniform eggs be obtained from breeder birds. This process is seen as a long term commitment, mainly due to the time and monetary resources required.¹ Based on this low genetic selection, the incubation parameters have to be valid for a wide-range mean.² It has been noted that the majority of the eggs incubated in a production farm located in the Mexican high plateau lose more humidity than required, which represents one of the main problems that affect incubation and economic viability of the farm.³ In this sense, in order to improve hatching characteristics of ostrich eggs, the optimal physical parameters must be determined in eggs selected for hatching.³⁻⁹

In this study we assess the optimal incubation weight of eggs hatched favorably during two production cycles, as well as their loss of humidity during the process. The study was carried out in the ostrich farm of the Faculty of Veterinary Medicine and Animal Husbandry of the National Autonomous University of Mexico City located at 2250 meters above sea level (masl). A total of 535 eggs originating from 11 female *African black* ostriches were used in the first cycle and 486 were used in the second cycle. The females were kept in pairs with males of the same breed from February to November of each cycle. The eggs of the first cycle were incubated during 39 days in an incubator.* The ones corresponding to the second cycle were incubated in a cabinet-type incubator** at 36.5°C and 30% relative humidity.

For hatching the ostrich hatchlings during the two cycles, the eggs were kept for three more days in a cabinet-type incubator at 35.5°C and 40-50% relative humidity. The weight of each egg was recorded at the time of entry into the cold room and at the moment of transference into the incubator (39 days). The percentage of weight loss was obtained by calculating the difference between the weight of the egg at 39 days of incubation and the initial weight of the egg at their entry into the cold room, which was considered to be 100% weight. Egg fertility was determined at 15 and 21 days of incubation by using an ovoscope. The hatching rate for each cycle was obtained from the number of ostrich hatchlings born from the total number of eggs classed as fertile.

A variance analysis of hatched and non-hatched eggs' weight during the first and second cycles, taken at the time before incubation during transference, was

Introducción

La selección genética en las aves de corral actuales se ha concentrado más en la calidad de los productos, como las plumas o la cantidad de huevos, que en la eficiencia de la reproducción y la incubación,¹ que presentan malos resultados.² La selección genética efectuada en el avestruz ha sido poca, no ha permitido obtener aún huevos uniformes a partir de las aves reproductoras. Este proceso se vislumbra a largo plazo, principalmente por el tiempo y recursos económicos requeridos.¹ Con base en la baja selección genética, los parámetros de incubación deben ser válidos para una media de banda amplia.² Se ha observado que la mayor parte de los huevos incubados en una explotación ubicada en el altiplano mexicano pierden más humedad de la requerida, ello representa uno de los principales problemas que afectan la incubabilidad y la viabilidad económica de la explotación.³ En este sentido, con la finalidad de mejorar la eclosión de los huevos de avestruz, deben determinarse los parámetros físicos óptimos de los huevos seleccionados para incubación.³⁻⁹

En el presente estudio se evalúa el peso óptimo de incubación de huevos eclosionados favorablemente durante dos ciclos de producción y su pérdida de humedad durante el proceso. El estudio se realizó en el criadero de aves de corral de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, en la ciudad de México, a 2 250 msnm. En el primer ciclo de reproducción se emplearon 535 huevos provenientes de 11 hembras de avestruz de la raza *African black* y 486 del segundo periodo. Las hembras estuvieron en parejas con machos de la misma raza de febrero a noviembre de cada ciclo. Los huevos del primer ciclo se incubaron durante 39 días en una máquina incubadora.* Los del segundo en una incubadora tipo gabinete** a 36.5°C y 30% de humedad relativa.

Para la eclosión de los *avestripollos* durante los dos ciclos se mantuvieron tres días más en una incubadora tipo gabinete a 35.5°C y 40%-50% de humedad relativa. Se registró el peso de cada huevo durante su ingreso al cuarto frío y al momento de su transferencia a la incubadora (39 días). El porcentaje de pérdida de peso se obtuvo al estimar la diferencia entre el peso del huevo a los 39 días de incubación en relación con el peso inicial del huevo a su entrada al cuarto frío, considerando éste como el 100%. La fertilidad de los huevos se determinó a los 15 y 21 días de incubación por medio de un ovoscopio. La tasa de eclosión de cada periodo se obtuvo del número de *avestripollos*

*Jamesway Incubator Company Inc. AVN®, 30 High Ridge Court, Cambridge, Ontario, Canadá

**IAMEX® Incubadoras Mexicanas S.A. de C.V., México

carried out. Analyses were also done on the percentage of weight loss in hatched and non-hatched eggs for both production cycles, as well as on the weight of hatched and non-hatched eggs for both production cycles before incubating and at the time of transference.¹⁰ The differences between the averages were determined with Tukey's test as implemented in the SAS®* statistical package with a $P < 0.05$ significance. It was also determined the average percentage of humidity loss in hatched and non-hatched eggs from the first and second cycles. The average weight before incubation (cold room) of eggs hatched during the first cycle was significantly lower than the average of those that did not hatch ($P < 0.05$). The average weight of the hatched and non-hatched eggs at the transference stage was statistically similar (Table 1). The average weight of hatched eggs from the second cycle was statistically lower when compared to the non-hatched eggs ($P < 0.05$). The average weight of the hatched and non-hatched eggs from the second cycle at the time of transference was statistically similar (Table 1). Weight loss of non-hatched eggs for both cycles was higher (22%) than the weight loss of hatched eggs (17 and 18% for first and second cycle respectively). The average percentage of weight loss in hatched eggs from the first cycle were lower and statistically different ($P < 0.05$) when compared to non-hatched eggs. The percentage of weight loss average in hatched eggs from the second cycle was lower and statistically different ($P < 0.05$) when compared to the average of non-hatched eggs (Table 1). There was no difference between the average weight of hatched eggs from the first and

nacidos a partir del total de los huevos determinados como fértiles.

Se efectuó un análisis de varianza del peso de los huevos eclosionados y no eclosionados durante el primero y segundo ciclos antes de incubar durante el momento de la transferencia, se analizó también el porcentaje de pérdida de peso de los huevos eclosionados y no eclosionados en el primero y segundo periodos, además del peso de los huevos eclosionados y no eclosionados durante el primero y segundo ciclos antes de incubar, y en el momento de la transferencia.¹⁰ Las diferencias entre los promedios se determinaron por medio del paquete estadístico SAS®* a través de la prueba de Tukey con significancia de $P < 0.05$. Se determinó el porcentaje promedio de pérdida de humedad de los huevos eclosionados y no eclosionados del primero y segundo periodos. El peso promedio de los huevos favorablemente eclosionados durante el primer ciclo anterior a la incubación (cuarto frío) fue menor ($P < 0.05$) al promedio de los huevos no eclosionados, los pesos promedio de los huevos eclosionados y no eclosionados al momento de la transferencia no fueron diferentes (Cuadro 1). El peso promedio de los huevos favorablemente eclosionados anterior a la incubación durante el segundo periodo fue menor y diferente ($P < 0.05$) al promedio de los huevos no eclosionados, los pesos promedio de los huevos eclosionados y no eclosionados al momento de la transferencia no mostraron diferencia (Cuadro 1). El porcentaje promedio de pérdida de peso en los huevos eclosionados del primer ciclo fue

*PSR 6.03 Inc. Cary, NC 27512-8000 U.S.A.

Cuadro 1

PORCENTAJE PROMEDIO DE PÉRDIDA DE HUMEDAD Y PESO PROMEDIO DE LOS HUEVOS DE AVESTRUZ (*Struthio camelus*) QUE ECLOSIONARON FAVORABLEMENTE Y NO DURANTE DOS CICLOS DE PRODUCCIÓN CONTINUOS

AVERAGE HUMIDITY LOSS PERCENTAGE AND AVERAGE WEIGHT OF OSTRICH EGGS (*Struthio camelus*) THAT HATCHED AND DID NOT HATCH FAVORABLY DURING TWO CONTINUOUS PRODUCTION CYCLES

	First cycle Hatched: 42.4%			Second cycle Hatched: 22.8%		
	Cold Room	Day 39 transference	Loss of humidity (%)	Cold room	Day 39 transference	Loss of humidity (%)
Hatched	1.526 ± 0.147 ^{b*}	1.259 ± 0.108 ^a n = 56	17.30 ± 4.36 ^{b*}	1.536 ± 0.155 ^b	1.254 ± 0.120 ^a n = 52	18.20 ± 3.22 ^{b*}
Non-hatched	1.595 ± 0.129 ^a	1.242 ± 0.134 ^a n = 77	22.15 ± 5.98 ^a	1.643 ± 0.170 ^a	1.282 ± 0.146 ^a n = 176	21.90 ± 5.08 ^a

*Average percentage and average weight in kilograms ± standard deviation, different letters within the same column indicate a statistical difference ($P < 0.05$).

second cycles, either before incubation or at the transference stage (Table 1). The average weight before incubation (1.595 ± 0.129) as well as at the transference stage (1.242 ± 0.134) of non-hatched eggs from the first cycle was significantly lower than the average weight before incubation (1.643 ± 0.170) and the transference stage (1.282 ± 0.146), respectively from the second cycle ($P < 0.05$).

According to the observations of this study, and references by other authors,^{2,3,5,8,11} large eggs have incubation problems. The ideal average weight in ostrich eggs before incubation put forward by other researchers^{2-6,8} is 1.4 Kg; therefore, females that lay eggs with this characteristic are required. Nevertheless, it has also been recently determined that apart from the ideal average weight, the thickness and pore density per square area of the shell are also important.⁵ The average weight of hatched eggs at the transference stage during the two cycles (1.250 Kg) was similar to the average weight of eggs that did not hatch in both cycles (1.268 Kg), indicating that there is greater weight loss during the incubation process in non-hatched eggs. It is possible that this is the most important reason that explains why the embryos of these eggs do not manage to hatch.

According to Meir and Ar,⁹ this exaggerated weight loss conditioned by the initial mass of the fertile egg compromises the use of energy from the vitelline sack and the oxygen-carbon dioxide gas exchange of the embryo prior to hatching. Ostrich hatchlings cannot break the anterior camera of the egg, nor can they break the shell at the time of hatching; therefore, it is possible that many die of asphyxia.^{9,11} Some authors^{2,4-6,11} suggest, as a good measure, that the egg loses between 12-15% of its weight during incubation so that at day 39 the ideal average weight should be 1.190 Kg.

Deeming *et al.*,⁶ when working with a lot of 96 fertile eggs, found that the average weight before incubation of 82 eggs that hatched appropriately was 1.456 Kg, while the average for the remaining 14 non-hatched eggs was 1.424 Kg. They did not determine the existence of a common factor that would explain why those 14 eggs did not hatch, while in this study we observed that the average weight of eggs with non-hatched embryos (1.619 Kg) was significantly higher to that of hatched eggs (1.531 Kg).

The average weight loss (12.39%) in eggs with hatched embryos studied by Deeming *et al.*⁶ was smaller than the observed for non-hatched eggs (14.85%), which, although less than the average weight loss percentage found in this study, clearly shows that the eggs with non-hatched embryos lose more humidity than eggs that hatched. Deeming *et al.*⁶ indicate that the

menor y diferente ($P < 0.05$) a los huevos no eclosionados. El porcentaje promedio de pérdida de peso de los huevos eclosionados del segundo periodo fue menor y diferente ($P < 0.05$) al promedio de los huevos no eclosionados (Cuadro 1). No hubo diferencia entre el peso promedio de los huevos eclosionados del primero y segundo ciclos anteriores a la incubación o al momento de transferencia (Cuadro 1). El peso promedio de los huevos no eclosionados del primer periodo anteriores a la incubación (1.595 ± 0.129) y al momento de la transferencia (1.242 ± 0.134) fueron menores y diferentes ($P < 0.05$) al peso promedio de los huevos no eclosionados del segundo ciclo anteriores a la incubación (1.643 ± 0.170) o al efectuar la transferencia (1.282 ± 0.146), respectivamente.

De acuerdo con lo observado en el presente estudio y a lo referido por diferentes autores,^{2,3,5,8,11} los huevos grandes presentan problemas de incubabilidad. El peso promedio ideal anterior a la incubación para huevos de avestruz propuesto por diferentes investigadores^{2-6,8} es de 1.40 kg, por lo que se requiere contar con hembras que ovopositen huevos con esta característica. Sin embargo, recientemente se ha determinado que además del peso promedio ideal, es importante el grosor y densidad de poros por área cuadrada del cascarón.⁵ El peso promedio al momento de la transferencia de los huevos favorablemente eclosionados durante los dos ciclos (1.250 kg) es semejante al promedio de los huevos no eclosionados de los dos ciclos (1.268 kg), lo cual indica que existe mayor pérdida de peso durante el proceso de incubación de los huevos no eclosionados, es factible que ésta sea la causa más importante por la que los embriones de estos huevos no logran eclosionar.

Según Meir y Ar,⁹ esta exagerada pérdida de peso condicionada por la masa inicial del huevo fértil compromete el aprovechamiento de la energía del saco vitelino y el intercambio gaseoso de oxígeno y bióxido de carbono del embrión previo a la eclosión. Los *avestripollos* no pueden romper la cámara anterior y menos el cascarón al momento de la eclosión, muchos de estos embriones mueren, posiblemente, por asfixia.^{9,11} Algunos autores^{2,4-6,11} sugieren como medida pertinente, una pérdida de peso del huevo durante la incubación de 12%-15 %, por lo cual al día 39 el peso promedio ideal debe ser de 1.190 kg.

Deeming *et al.*,⁶ al trabajar con un lote de 96 huevos fértiles, encontraron que el peso promedio de 82 huevos con embriones favorablemente eclosionados anterior a la incubación fue de 1.456 kg y de 14 huevos con embriones no eclosionados fue de 1.424 kg. No determinaron la existencia de un factor común que explicara por qué no eclosionaron esos 14 huevos, diferente a lo observado en la presente investigación, donde el peso promedio de los huevos con embriones

loss of weight in eggs incubated in their study was less than the maximum requirement, 15%.

Furthermore, a failure to lose sufficient weight during the incubation process could cause the embryo to retain water, which in itself could reduce the hatching rate. A reduced loss of water vapor during incubation could indicate that there is low permeability in the water vapor and gas conductance of the shell.^{5,7,9} If the permeability of the shell is reduced, the problems caused in oxygen intake and removal of carbon dioxide could complicate the survival of embryos that have an advanced development. It is possible that this explains what happened to the eggs incubated by Deeming *et al.*⁶ but not what occurred in this study. Several researchers^{2,4,8,11} mention that many of the embryos that die before hatching originate from eggs with great weight loss even though they had been incubated with high relative humidity.

This situation indicates that it is possibly due to a greater density of pores per square centimeter of the shell. Nevertheless, Sahan *et al.*⁵ have indicated that when incubating eggs with a high initial weight (1.616 ± 0.014 Kg), these have demonstrated low water vapor conductance which was attributed to the age and genotype of the ostriches under study. It is probable that for the analyzed eggs, even those that hatched, lose a higher percentage of humidity (average from the two cycles: 17.77%) than what has been recommended by Juárez *et al.*⁴ (15%). It is the high elevation above mean sea level of the incubation site. According to Meir and Ar⁹ this could be altering the partial oxygen pressure in the interior of the air camera within the egg, which is directly related to the gas conductance of the shell.

Although in this study we did not measure shell thickness, due to the fact that there is no statistical evidence that it affects hatching,^{2,7,11} Sahan *et al.*⁵ determined that eggs with a thinner egg shell (< 1.8 mm) have a greater hatching rate. In this study we determined that eggs with low density of pores in the shell (< 8 pores/cm²), large initial weight and low water vapor conductance of the shell show a lower loss of water vapor (11.57%) which compromises their favorable hatching.⁵ Ostrich eggs have a high embryo mortality and low hatching rate due to the shell characteristics mentioned by Sahan *et al.*⁵ as well as, in accordance to the results of this study, due to a high average weight of the egg at the start of incubation.

In order to optimize the loss of weight and increase the rate of hatching, the humidity during incubation could be selected in accordance with the shell conductance. Several researchers^{2,4,5,8} have mentioned that humidity during incubation should at least be at 25% in order to allow for a 15% weight loss from the initial weight. Nevertheless, according to our findings an additional important factor is weight loss in relation

no eclosionados (1.619 kg) fue mayor al de los huevos que sí lo hicieron (1.531 kg).

El porcentaje promedio de pérdida de peso (12.39 puntos) en los huevos con embriones eclosionados estudiados por Deeming *et al.*⁶ fue menor al observado en los huevos no eclosionados (14.85%), lo cual, aunque fue menor al porcentaje promedio de pérdida de peso de los huevos analizados en el presente estudio, muestra claramente que los huevos con embriones no eclosionados pierden más humedad que los huevos con *avestripollos* no eclosionados. Deeming *et al.*⁶ indican que la pérdida de peso de los huevos incubados en su estudio fue menor a la máxima requerida, 15%.

Por otra parte, una falla para perder suficiente peso durante la incubación puede conducir a que el embrión retenga agua, lo cual puede reducir la tasa de eclosión. Una menor pérdida de vapor de agua durante la incubación puede indicar que existe baja permeabilidad en la conductancia de vapor de agua y gases a través del cascarón.^{5,7,9} Si la permeabilidad del cascarón es menor, los problemas de abastecimiento de oxígeno y remoción de bióxido de carbono pueden complicar la sobrevivencia de los embriones que presentan un desarrollo avanzado. Posiblemente esto último explica lo que sucedió con los huevos incubados por Deeming *et al.*⁶ pero no lo sucedido con los huevos analizados en el presente estudio. Diferentes investigadores^{2,4,8,11} mencionan que muchos de los embriones que mueren antes de eclosionar provienen de huevos con grandes pérdidas de peso, a pesar de haber sido incubados con humedades relativas altas.

Esta situación indica que se debe, posiblemente, a mayor densidad de poros del cascarón por centímetro cuadrado. Sin embargo, Sahan *et al.*⁵ han indicado que al incubar huevos con promedio de peso inicial grande (1.618 ± 0.014 kg), éstos han mostrado baja conductancia de vapor de agua del cascarón, lo cual se atribuye a la edad y genotipo de las avestruces estudiadas. Probablemente una de las causas de que los huevos analizados, aún los eclosionados, pierdan un porcentaje de humedad superior (promedio de los dos ciclos: 17.77%) al recomendado (15%), mencionado por Juárez *et al.*⁴ Es la elevada altitud sobre el nivel del mar del sitio de incubación, lo cual de acuerdo con Meir y Ar,⁹ podría estar alterando la presión parcial de oxígeno en el interior de la cámara de aire del huevo, que se encuentra relacionada directamente con la conductancia de gases a través del cascarón.

Aunque en el presente estudio no se midió el grosor del cascarón, debido a que no existen evidencias estadísticas de que éste afecte la tasa de eclosión,^{2,7,11} Sahan *et al.*⁵ determinaron que los huevos de cascarón más delgado (< 1.8 mm) muestran mayor tasa de eclosión. En ese estudio se determinó que

to the water vapor conductance of the shell under the atmospheric pressure conditions (mg H₂O/day/Torr) present at the elevation of the incubation site. The results of this study show that ostrich eggs from different genotypes have different fertile egg functional properties during incubation while using the same incubator. We suggest that the functional properties of each egg to be incubated be determined, for each of the breeder ostriches, so that the hatching rate and quality of the ostrich hatchlings may be improved through an adequate selection of the incubation conditions for each egg.

Referencias

1. Stewart JS. Manejo del huevo de avestruz y de la incubación. *Am Ostrich* 1995;11:22.
2. Deeming DC. Factors affecting hatchability during commercial incubation of ostrich (*Struthio camelus*) eggs. *Br Poult Sci* 1995;36:51-65.
3. Juárez EMA, Alfaro CJC, Esquivel PJ, Ávila GE. Determinación de la pérdida de humedad en huevos fértiles de avestruz *African Black* incubados en el Distrito Federal durante el periodo de reproducción de 1999. Memorias de la XXV Convención anual ANECA. 2000 mayo 3-6 Cancún (Quintana Roo), México. México (DF): Asociación Nacional de Especialistas en Ciencias Avícolas, AC, 2000:138-142.
4. Hassan SM, Siam AA, Mady ME, Cartwright AL. Incubation temperature for ostrich (*Struthio camelus*) eggs. *Poult Sci* 2004;83:495-499.
5. Sahan U, Altan O, Ipek A, Yilmaz B. Effects of some egg characteristics on the mass loss and hatchability of ostrich (*Struthio camelus*) eggs. *Poult Sci* 2004;83:495-499.
6. Deeming DC, Ayres L, Ayres FJ. Observations on the commercial production of ostrich (*Struthio camelus*) in the United Kingdom: incubation. *Vet Rec* 1993;132:602-607.
7. Christensen VL, Davis GS, Lucore LA. Eggshell conductance and other functional qualities of ostrich eggs. *Poult Sci* 1996;75:1404-1410.
8. Nahm KH. Effects of storage length and weight loss during incubation on the hatchability of ostrich eggs (*Struthio camelus*). *Poult Sci* 2001;80:1667-1670.
9. Meir M, Ar A. Gas pressures in the air cell of the ostrich egg prior to pipping as related to oxygen consumption, eggshell gas conductance, and egg temperature. *Condor* 1990;92:556-563.
10. Gill JL. Design and analysis of experiments in the animal and medical sciences. Vol 1. Ames (Io): The Iowa State University Press, 1978.
11. Gonzalez A, Satterlee DG, Moharer F, Cadd GG. Factors affecting ostrich egg hatchability. *Poult Sci* 1999;78:1257-1262.

huevos con baja densidad de poros en el cascarón (<8 poros/cm²), peso inicial grande y baja conductancia de vapor de agua del cascarón, presentan menor pérdida de vapor de agua (11.57%), lo cual comprometió su eclosión favorable.⁵ Los huevos de avestruz presentan alta mortalidad embrionaria y baja tasa de eclosión, debido a las características del cascarón mencionadas por Sahan *et al.*,⁵ y de acuerdo también con los resultados del presente estudio al alto peso promedio del huevo al inicio de la incubación.

Con la finalidad de optimizar la pérdida de peso y aumentar la tasa de eclosión, la humedad durante la incubación se puede seleccionar de acuerdo con la conductancia del cascarón. Diferentes investigadores^{2,4,5,8} han mencionado que la humedad durante la incubación debe ser al menos de 25%, esto último con la finalidad de permitir una pérdida de peso de 15% a partir del peso inicial; sin embargo, según este estudio un factor importante adicional es la pérdida de peso de acuerdo con la conductancia de vapor de agua del cascarón bajo las condiciones de presión atmosférica (mg H₂O/día/Torr) presentes en la altitud del sitio de incubación. Los resultados de este estudio muestran que los huevos de avestruz de diferente genotipo presentan diferentes propiedades funcionales del huevo fértil durante la incubación en una misma máquina incubadora. Se sugiere determinar las propiedades funcionales de cada huevo que se está incubando, a partir de cada una de las avestruces reproductoras, de esta forma la tasa de eclosión y la calidad de los avestrizpollos obtenidos puede mejorarse por medio de la adecuada selección de las condiciones de incubación específicas para cada huevo.