

VARIACIÓN DEL GROSOR DE LA CÁSCARA DEL HUEVO EN DIEZ ESPECIES DE ZANCUDAS EN LA CIÉNAGA DE BIRAMA, CUBA

DENNIS DENIS Y JOSÉ LUIS PONCE DE LEÓN

Facultad de Biología, Universidad de La Habana, Calle 25, entre J e I, Vedado,
Ciudad de La Habana, Cuba; email: dda@fbio.uh.cu

Resumen: Se midieron los grosores de las cáscaras de 365 huevos de 10 especies de zancudas, colectados en la ciénaga de Birama, Cuba, entre los años 1999 y 2002, para determinar sus patrones de variación interespecíficos, intranidada y anuales, además de estimar el efecto de la inclusión de las membranas durante la medición del grosor de la cascara, así como de la región del huevo donde esta se realice. Los grosores encontrados están en los rangos registrados en otras localidades aunque tienden a ser menores. Se detectaron diferencias entre especies no atribuibles a las diferencias en tamaño del huevo y la variabilidad del carácter estuvo entre 5 y 14 %. La membrana del huevo a pesar de su pequeño grosor aporta considerablemente a la variabilidad del grosor total así como la localización (polo o ecuador del huevo), por lo que deben ser tenidos en cuenta al registrar los grosores en otros trabajos. En la Garza Ganadera (*Bubulcus ibis*) y la Garza de Rizos (*Egretta thula*) aparecen tendencias a disminuir el grosor con el orden de puesta pero no alcanza significación estadística por el pequeño tamaño de muestra. En el año 2002 la muestra tomada tuvo grosores significativamente menores posiblemente reflejando un deterioro de las condiciones del hábitat.

Palabras clave: ciénaga de Birama, Cuba, ecología reproductiva, grosor de las cáscaras, zancudas

Abstract: VARIATION IN EGG SHELL THICKNESS IN TEN SPECIES OF WADING BIRDS IN BIRAMA SWAMP, CUBA. We measured eggshell thickness in 365 eggs of ten species of wading birds, collected in Birama Swamp from 1999-2002, to determine patterns of variation among species, laying order, and years, and also to estimate the effect of measuring egg membranes and the location where the egg was measured. Mean eggshell thicknesses were within the range reported from other localities, but tended to be thinner. We detected differences between species unrelated to egg size with the variability in each species ranging from 5-14%. Despite their thinness eggshell membranes contributed considerably to variability in eggshell thickness as well as the position of the egg (pole or equator) where it was measured; thus, these factors should be stated in any paper reporting eggshell thickness. In Cattle Egret (*Bubulcus ibis*) and Snowy Egret (*Egretta thula*) eggshells tended to become thinner as laying order increased but the relationship was not statistically significant due to the small sample size. Eggshell thickness decreased significantly in 2002, possibly due to habitat deterioration.

Keywords: Birama Swamp, Cuba, eggshell thickness, reproductive ecology, wading birds

Résumé : VARIABILITÉ DE L'ÉPAISSEUR DES COQUILLES D'ŒUFS DE 10 ESPÈCES D'OISEAUX AQUATIQUES DU MARAIS DE BIRAMA A CUBA. L'épaisseur des coquilles a été mesurée sur 365 œufs appartenant à 10 espèces d'oiseaux aquatiques du Marais de Birama entre 1999 et 2002, dans le but d'évaluer les facteurs de variations dus à l'espèce, à l'ordre de ponte ainsi que à la prise en compte de la mesure de la membrane de l'œuf et de la localisation de cette mesure. L'épaisseur moyenne des coquilles d'œufs rentre dans la variabilité observée ailleurs mais tend à être plus fine. Des différences entre espèces indépendantes de la taille de l'œuf ont été mises en évidence avec une variabilité intraspécifique allant de 5 à 14%. En dépit de leur faible épaisseur, les membranes contribuent fortement à la variabilité de l'épaisseur des coquilles, de même que la position de la mesure sur l'œuf (pôle ou équateur). Ces facteurs doivent donc être fournis dans toute publication traitant de l'épaisseur de la coquille des œufs. Chez le Héron garde-bœufs (*Bubulcus ibis*) et l'Aigrette neigeuse (*Egretta thula*), les coquilles tendent à devenir plus fines avec l'ordre de la ponte mais cette corrélation n'est pas significative en raison d'une taille de l'échantillon faible. L'épaisseur des coquilles a été significativement plus faible en 2002, peut-être en raison d'une dégradation de l'habitat.

Mots-clés : albumen, composition de l'œuf, coquille de l'œuf, Cuba, jaune d'œuf, Marais de Birama, oiseaux aquatiques, poids sec, teneur en eau

LAS ZANCUDAS COLONIALES por sus características biológicas: gran tamaño, movilidad, larga vida y posición elevada en la cadena trófica, entre otras, son especies susceptibles a cambios ambientales y particularmente a la bioacumulación y biomagnificación de contaminantes. Por esta razón sus parámetros reproductivos son cada vez más utilizados

como indicadores de salud de los ecosistemas de humedales (Frederick y Collopy 1989). El grosor de la cáscara de los huevos en estas aves ha mostrado ser un elemento indicador de la persistencia de numerosos contaminantes organoclorados en el ambiente, al ser particularmente sensible por el efecto disruptor que tienen estos compuestos qui-

micos en los mecanismos fisiológicos de deposición del calcio. Múltiples estudios han demostrado la disminución generalizada del grosor de la cáscara de los huevos en numerosas especies desde 1947 por la introducción de los pesticidas de la familia del DDT y su efecto negativo sobre el éxito reproductivo (Klaas *et al.* 1974, Ohlendorff *et al.* 1979).

El adelgazamiento de la cáscara de los huevos ha sido documentado para numerosas especies de aves de humedales, incluyendo el Pelicano Pardo (*Pelecanus occidentalis*) (Risebrough *et al.* 1971), la Corúa de Mar (*Phalacrocorax auritus*) (Anderson *et al.* 1969), el Halcón Peregrino (*Falco peregrinus*) (Risebrough *et al.* 1970), el Garzón (*Casmerodius albus*) y el Garcilote (*Ardea herodias*) (Faber *et al.* 1972). En algunas localidades el adelgazamiento ha sido particularmente severo y ha provocado disminuciones importantes en el éxito reproductivo.

El grosor de la cáscara de los huevos se relaciona además directamente con el estado nutricional, las características fisiológicas de las hembras y la disponibilidad trófica del hábitat en el momento de formación de los huevos y puede influir en el éxito reproductivo y la productividad de diferentes especies de aves (Blus y Lamont 1979, Custer *et al.* 1983a, Tillit 1992, Gouthner y Furness 1997, McCarthy y Secord 2000). Los estudios sobre esta variable han estado enfocados mayormente a su disminución por el efecto de los contaminantes (Ohlendorf *et al.* 1977, Blus *et al.* 1980, Findholt 1984, Bunck *et al.* 1985), a su relación con el desarrollo embrionario (Simkiss 1967, Packard y Packard 1984, Kreitzer 1972), con la conductancia del agua (Capen 1977) o como indicador del éxito reproductivo (Mabee 1997).

Las investigaciones sobre los patrones de variación del grosor de la cáscara del huevo en las aves acuáticas son de vital importancia para la conservación del grupo y los sistemas de humedales. El conocimiento de la variabilidad natural de este carácter, por tanto, es esencial para la determinación del tamaño de muestra y para la selección óptima de muestras con vistas a la posible utilización de este carácter como indicador de calidad ambiental. Por estas razones, en el presente trabajo se estudia el grosor de la cáscara de los huevos en diez especies de zancudas (Aves: Ciconiiformes) en la ciénaga de Birama, Cuba, con el objetivo de establecer los valores de base para la detección de posibles cambios futuros y analizar algunos de sus patrones de variación en estas especies.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se midió el grosor de la cáscara de 365 huevos en 10 especies de zancudas coloniales de la ciénaga de Birama, Cuba (Tabla 1). Todas las especies pertenecen al orden Ciconiiformes, familia Ardeidae, excepto el Coco Blanco (*Eudocimus albus*) que pertenece a la familia Threskiornithidae. Las cáscaras fueron colectadas entre los años 1999, 2000 y 2002 en las colonias que estaban activas en estas etapas en la laguna Las Playas. El sistema de colonias de esta localidad se ha encontrado bajo investigación durante la última década y la ecología reproductiva de las especies presentes es bien conocida (ej., Denis 2002, 2003).

Las cáscaras se tomaron de huevos recién eclosionados, depredados o que pasado el tiempo de incubación no fueron exitosos, bien por infertilidad o por muerte embrionaria temprana. En la temporada de cría del año 2002 se intentó colectar, además, diez nidadas completas en aquellas especies en que fue posible. Mientras fue posible se colectaron solamente nidadas frescas y en las cuales se conociera el orden de puesta para evaluar su efecto en el parámetro estudiado.

A los huevos colectados enteros se les midió el diámetro mayor y menor con un calibrador Vernier (0,01 mm de precisión) y se les calculó el volumen utilizando la ecuación de Hoyt (1979). Las cáscaras se lavaron y se secaron durante media hora a temperatura ambiente antes de medirlas. Se tomaron seis medidas del grosor de la cáscara en cada huevo, tres réplicas en la región del ecuador y tres en la región de los polos. Un muestreo previo, mencionado por Rodríguez (2001), no había encontrado diferencias significativas entre los dos polos del huevo en estas especies. Para evaluar el posible sesgo que pueden involucrar las membranas de la cáscara se tomaron, además, tres mediciones luego de retiradas. Las mediciones fueron realizadas con un micrómetro digital de 0,001 mm de precisión.

Se comprobó la normalidad de los datos por la prueba de Kolmogorov Smirnov y la homogeneidad de varianzas por la prueba de Levene. Se comprobaron los efectos de la especie, inclusión de la membrana durante la medición, el año y el orden de puesta sobre el grosor de la cáscara del huevo. Las comparaciones múltiples de medias se realizaron por medio de ANOVAs de clasificación simple o factoriales anidados, tomando como nivel superior la especie y dentro de ella los años o el orden de puesta. En los casos necesarios se utilizó el volumen del huevo como covariante para eliminar el efecto del tamaño en el factor estudiado. Como

Tabla 1. Especies de garzas y cocos (Ciconiiformes) incluidas en la investigación sobre el grosor de la cáscara de los huevos y número de huevos colectados anualmente en la ciénaga de Birama.

Nombre Común	Nombre Científico	Sigla	1999	2000	2002	Total
Aguaitacaimán	<i>Butorides virescens</i>	GRHE			25	25
Garza Ganadera	<i>Bubulcus ibis</i>	CAEG	24	8	33	65
Garza de Rizos	<i>Egretta thula</i>	SNEG	15	6	16	37
Garza Azul	<i>Egretta caerulea</i>	LBHE	5			5
Garza de Vientre Blanco	<i>Egretta tricolor</i>	LOHE	5	8	20	33
Garza Rojiza	<i>Egretta rufescens</i>	REEG	1	1	17	19
Guanabá de la Florida	<i>Nycticorax nycticorax</i>	BCNH	25	1	22	48
Guanabá Real	<i>Nyctanassa violacea</i>	YCNH			27	27
Garzón	<i>Ardea alba</i>	GREG	3	3	39	45
Coco Blanco	<i>Eudocimus albus</i>	WHIB	10	22	29	61

pruebas *post-hoc* en todos los casos se utilizaron pruebas de Bonferroni. En caso de ausencia de normalidad u homogeneidad de varianza se realizó la prueba de Kruskal-Wallis. Las comparaciones entre los grosores medidos con membranas y sin ellas, y en el polo y ecuador del huevo se compararon en cada especie con una prueba *t* para datos pareados.

Se efectuaron correlaciones de Pearson entre el grosor de la cáscara y las dimensiones del huevo y una correlación de rangos de Spearman entre el grosor medio de la cáscara y el peso promedio de la especie adulta, tomando los pesos registrados por Acosta *et al.* (2002) y Watts (1995).

El procesamiento estadístico fue realizado con el programa Statistica 6.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los grosores generales de las cáscaras, determinados a partir de las medias de cada huevo, mostraron diferencias significativas entre especies (prueba de Kruskal-Wallis: $H_{(9, n=364)} = 302.67$, $P < 0,001$), pero una buena parte de ellas se debe a la estrecha asociación con el tamaño del huevo (correlación de $r^2 = 0.696$ con el volumen). Al realizar un análisis de varianzas utilizando como covariante el volumen del huevo (Tabla 2) seguida de una prueba de Bonferroni se mantienen las diferencias interespecíficas (Tabla 3).

Las variabilidad del grosor de la cáscara dentro de la misma especie se mantuvo entre 5 % y 14 %. La Garza de Vientre Blanco y la Garza de Rizos fueron las especies de mayores coeficientes de variación (CV = 14,9 % y CV = 10,8 % respectivamente). Este carácter tiene una fuerte base hereditaria por lo que las principales causas de su variabili-

dad pueden radicar posiblemente en las diferencias genéticas para el metabolismo del calcio entre las hembras, la talla corporal, así como su habilidad para conseguir el alimento y la calidad de este último (Romanof y Romanof 1949, Kreitzer 1972, Klaas *et al.* 1974).

Otra fuente de variación importante puede ser la etapa de incubación en que se encuentre el huevo ya que se sabe que en muchas especies hasta 5 % del calcio de la cáscara puede ser usado por el embrión, con lo cual durante la incubación se puede producir una disminución apreciable de su grosor (Simkiss 1967, Packard y Packard 1984). Kreitzer (1972) registró una disminución de 7,3 % en *Coturnix japonica* y Capen (1977) 4,3 % en huevos de *Plegadis ridgwayi* durante la incubación.

Los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos registrados en la literatura por numerosos autores en los Estados Unidos, España y México (Tabla 4). Sin embargo, tienden a ser en su mayoría menores, lo cual podría ser un indicador alar-

Tabla 2. Resultado general del análisis de varianzas, utilizando como covariante al volumen del huevo, para comparar los grosores de las cáscaras entre las especies de Ciconiiformes estudiadas en la ciénaga de Birama, Cuba.

Fte. de Variación	S. C.	gl	C. M.	F	P
Intercepto	0,108	1	0,108	268,83	0,000
Volumen	0,002	1	0,002	5,10	0,025
Especie	0,099	9	0,011	27,44	0,000
Error	0,085	212	0,000		

Tabla 3. Dimensiones externas y grosor de la cáscara de los huevos de 10 especies de garzas y cocos (Ciconiiformes) en la ciénaga de Birama, Cuba.

Especie	n	Diam. Mayor (mm)		Diam. Menor (mm)		Volumen (cm ³)		Grosor (mm)	
		\bar{x}	ES	\bar{x}	ES	\bar{x}	ES	\bar{x}	ES
GRHE	15	37,25	0,786	29,09	0,202	16,06 ^a	0,401	0,155 ^a	0,002
CAEG	55	45,81	0,340	32,43	0,220	24,63 ^b	0,438	0,213 ^b	0,002
SNEG	31	42,31	0,312	31,28	0,165	21,11 ^c	0,321	0,203 ^{bc}	0,004
LBHE	5	43,80	0,298	33,80	1,384	25,62 ^{bc}	2,149	0,221 ^{bcd}	0,004
LOHE	30	44,08	0,360	31,71	0,210	22,65 ^{bc}	0,403	0,192 ^c	0,005
REEG	11	48,52	0,447	36,43	0,375	32,81 ^d	0,759	0,254 ^{de}	0,003
BCNH	34	51,88	0,443	37,29	0,319	36,84 ^c	0,742	0,243 ^{de}	0,003
YCNH	6	48,60	0,505	37,18	0,386	34,23 ^{de}	0,854	0,230 ^{de}	0,004
GREG	3	54,60	0,757	40,63	0,491	45,89 ^f	1,099	0,281 ^e	0,003
WHIB	34	57,47	0,513	39,07	0,441	44,85 ^f	1,161	0,323 ^f	0,003

^{a-f} las letras señalan diferencias significativas a partir de una prueba de Bonferroni

Tabla 4. Valores de grosores de cáscara de huevos de las especies de zancudas incluidas en este estudio registrados previamente en la literatura.

Especie	Grosor ^a	n	Localidad	Fecha	Fuente
BCNH	0,266		Costas de Texas	1970	King <i>et al.</i> (1978)
BCNH	0,260 - 0,284	92	Clark Island	1973 - 1979	Custer <i>et al.</i> (1983b)
BCNH	0,275 ± 0,024	46	Hope Island	1979	Custer <i>et al.</i> (1983b)
BCNH	0,282 ± 0,018	11	Marsh Island	1979	Custer <i>et al.</i> (1983b)
BCNH	0,280 ± 0,016	23	Annex, NC	1979	Custer <i>et al.</i> (1983b)
BCNH	0,283	332	Varias		Klaas <i>et al.</i> (1974)
BCNH	0,205 ± 0,003	5	Varias		Rahn <i>et al.</i> (1979)
CAEG	0,204 ± 0,004	5	Varias		Rahn <i>et al.</i> (1979)
CAEG	0,232	10	España	1980	Ruiz (1982)
CAEG	0,217 ± 0,019	40	México	1987	Mora (1991)
CAEG	0,205 ± 0,017	10	México	1988	Mora (1991)
GREG	0,295 - 0,302			post-1947	Ohlendorff <i>et al.</i> 1979
GREG	0,244 ± 0,029		California	1969 y 1970	Faber <i>et al.</i> (1972)
GRHE	0,183	302	25 states		Ohlendorf <i>et al.</i> (1979)
GRHE	0,169 ± 0,011	8	Tennessee Valley	1980 - 1981	Fleming <i>et al.</i> (1984)
LBHE	0,156 ± 0,016	74	Alabama	1972	Biskup <i>et al.</i> (1978)
LBHE	0,222 ± 0,030	5	Louisiana	1970	Faber y Hickey (1973)
LBHE	0,156 ± 0,016	74	Alabama	1972	Biskup <i>et al.</i> (1978)
LOHE	0,236 ± 0,030	5	Estados Unidos	post- 1947	Ohlendorff <i>et al.</i> (1979)
LOHE	0,156 ± 0,016	74	Alabama	1972	Biskup <i>et al.</i> (1978)
LOHE	0,222 ± 0,030	5	Louisiana	1970	Faber y Hickey (1973)
REEG	0,270 ± 0,014	47	Texas	pre-1943	King <i>et al.</i> (1978)
REEG	0,267 ± 0,022	54	Texas	1970	King <i>et al.</i> (1978)
SNEG	0,211- 0,220	53	Nevada y otros	1981	Henny <i>et al.</i> (1985)
SNEG	0,200 - 0,250	27	Idaho	bajo dde	Findholt (1984)
WHIB	0,335	20	S. Carolina	1972-1973	Blus y Lamont (1979)
YCNH	0,281		Costa Atlántica	1972-73	Ohlendorf <i>et al.</i> (1979)

^a \bar{x} , $\bar{x} \pm SD$, o rango de valores

Tabla 5. Diferencias entre los grosores (cm) obtenidos al mantener (+) o remover (-) antes de la medición las membranas de la cáscara en los huevos de 10 especies de garzas y cocos.

Especie	n	Grosor (-)	Grosor (+)	Diferencia	Porcentaje	t
BCNH	48	0,210	0,233	0,023	10,96	7,52
CAEG	65	0,182	0,206	0,025	13,59	15,16
GREG	31	0,241	0,268	0,027	11,28	11,57
GRHE	25	0,134	0,148	0,015	10,88	10,25
LBHE	5	0,196	0,222	0,026	13,39	8,21
LOHE	32	0,154	0,178	0,024	15,30	10,01
REEG	7	0,218	0,243	0,026	11,82	20,29
SNEG	37	0,162	0,192	0,031	19,01	12,63
WHIB	61	0,270	0,312	0,042	15,68	10,56
YCNH	27	0,198	0,224	0,026	13,38	17,95

mante que merece atención en investigaciones futuras. Una evaluación inicial de los niveles de metales pesados en las plumas de estas especies (Ferrer-Font *et al.* 2005) no detectó niveles alarmantes que pudieran afectar la reproducción de estas especies. De cualquier manera, el fenómeno del adelgazamiento de la cáscara se ha asociado a los contaminantes de la familia del DDE pero no con los bifenoles policlorados (PCB) ni los metales pesados (Connors *et al.* 1975). Sin embargo, la ciénaga de Birama es un humedal muy importante, el segundo mayor del área del Caribe, y sus características lo hacen particularmente sensible. La cuenca del río Cauto que lo alimenta es un sistema hidrológico de 8 962 km², que incluye áreas de cuatro provincias y se relaciona con más de 427 700 habitantes y numerosos complejos industriales y agropecuarios. En 1997, el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba publicó la existencia de 652 focos importantes de contaminación en toda la cuenca, que podrían estar provocando la acumulación de compuestos que afectan el proceso de formación de los huevos. También al norte de la ciénaga se encuentra el mayor complejo arrocero del país y, como ha sido demostrado por varios autores (Acosta *et al.* 1990, 1994, Acosta y Mugica 1999), los ciconiformes utilizan intensamente los campos de arroz para su forrajeo, realizando vuelos diarios entre estos y los sistemas de humedales costeros donde se reproducen y descansan. El cultivo del arroz en Cuba tiene particulares características, pero en general este tipo de cultivo conlleva el uso de agroquímicos altamente agresivos para las aves acuáticas (Juliano 1993).

Las diferencias interespecíficas en el grosor de la cáscara también están relacionadas con el peso promedio de la especie ($r_s = 0.83$, $P = 0,003$) posible-

mente a través de su relación con el volumen. Esta relación puede responder a la resistencia necesaria que requieren los huevos para soportar el peso del adulto durante la incubación o las presiones que pueden hacer sobre ellos con sus movimientos dentro del nido.

Las membranas del huevo a pesar de su pequeño grosor entre 1-3 centésimas de milímetro, muy cerca del nivel de precisión del instrumento de medición empleado, introduce un elemento de variación significativo que debe ser tenido en cuenta (ANOVA jerárquico, $F_{(10, 4192)} = 222.12$, $P < 0,001$; Tabla 5). En la literatura se encuentran numerosos casos de investigaciones que miden los grosores incluyendo las membranas del huevo (ej., Ohrlendorf *et al.* 1978, Bayer 1982, Findholt 1984). Sin

Tabla 6. Diferencias en los grosores de las cáscaras de los huevos según el lugar donde se realice la medición, en 10 especies de garzas y cocos (Ciconiiformes) en la Ciénaga de Birama, Cuba.

Especie	Ecuador	Polo	n	% de dif.	t
BCNH	0,224	0,210	48	6,44	5,71 ^b
CAEG	0,190	0,182	65	4,40	5,33 ^b
GREG	0,256	0,241	31	5,91	5,23 ^b
GRHE	0,140	0,134	25	4,37	3,33 ^a
LBHE	0,193	0,196	5	-1,14	0,50
LOHE	0,174	0,154	32	11,15	8,61 ^b
REEG	0,226	0,218	7	3,62	1,73
SNEG	0,177	0,162	37	8,62	5,84 ^b
WHIB	0,288	0,270	61	6,14	7,13 ^b
YCNH	0,208	0,198	27	5,12	4,14 ^b

^a $P < 0,01$

^b $P \leq 0,001$

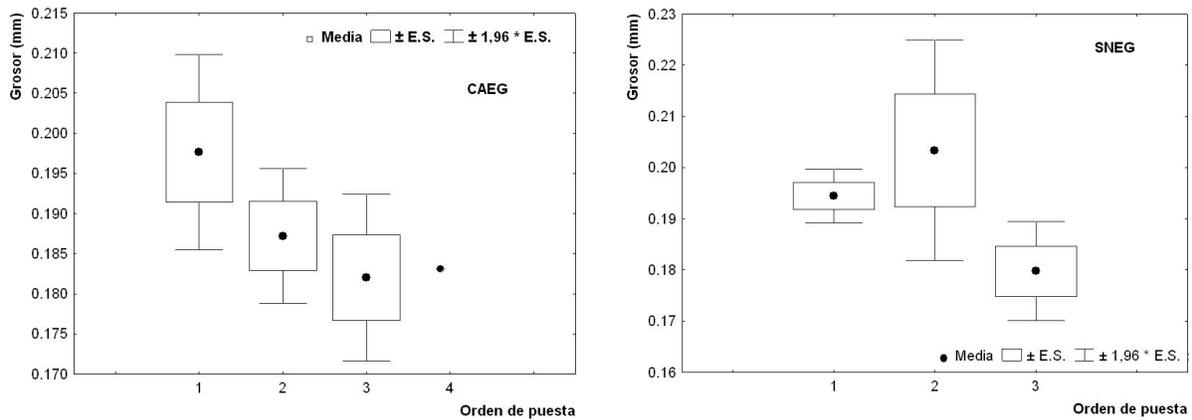


Fig. 1. Grosor de la cáscara según el orden de puesta del huevo en la Garza Ganadera (*Bubulcus ibis*) y la Garza de Rizos (*Egretta thula*) en la ciénaga de Birama, Cuba.

embargo, las membranas tienen una naturaleza y origen diferente a la porción sólida de la cáscara y en trabajos donde se desee evaluar alteraciones en la deposición de Calcio o efecto de los contaminantes su inclusión adiciona un elemento de variación. Este sesgo puede ser aún mayor cuando se trabaja de forma conjunta con datos de huevos frescos y datos de colecciones oológicas. Desafortunadamente, la mayoría de los trabajos que registran grosores de cáscaras omiten aclarar si eliminan o no las membranas del huevo antes de la medición, lo cual puede llegar a ser un problema metodológico (ej.: Klaas *et al.* 1974, Capen 1977).

Otro elemento que involucra una variación significativa en las mediciones del grosor de la cáscara es el lugar del huevo donde se realice la medición (efecto de la localización: $F_{(10, 683)} = 10.696$, $P < 0,001$). Por un aspecto físico, propio de la forma particular del huevo, el grosor de la cáscara en el ecuador tiende a ser entre 6 % y 11 % mayor que en los polos en varias de las especies. Esta diferencia donde único no fue significativa fue en los huevos de la Garza Azul y la Garza Rojiza (Tabla 6), posiblemente por el pequeño tamaño de muestra.

La cáscara más fina en los extremos del huevo puede tener implicaciones ecológicas como la de aumentar la conductancia a los gases respiratorios y al vapor de agua necesarios para el embrión y por tanto favorecer su difusión (Wangsteen y Rahn 1970, Booth y Seymour 1987). Igualmente, por la forma elipsoide del huevo, una cáscara más gruesa en el ecuador aumenta la resistencia mecánica ante la presión.

El grosor de la cáscara entre los huevos de una nidada en la Garza Ganadera muestra una tendencia aparente a disminuir con el orden de puesta (Fig. 1) sin llegar a ser significativa (Kruskal-Wallis: $H_{(3, n=25)} = 3.69$, $P = 0,29$), sin embargo, los resultados no son conclusivos dado que el pequeño tamaño de muestra considerado solo permite obtener una potencia de alrededor de un 30 % comparando los órdenes extremos (se necesita una muestra mínima de 20 casos para una potencia superior al 90 %).

Al comparar el grosor de la cáscara del primer y tercer huevo de la nidada en la Garza de Rizos se encontró una disminución significativa de 7,6 % ($t = 2,84$, $P = 0,02$) aunque se requieren muestras mayores para evaluar el posible efecto de las dife-

Tabla 7. Variaciones anuales en el grosor de la cáscara del huevo en tres especies de garzas (Ardeidae) en la ciénaga de Birama, Cuba.

Especie	1999	2000	2002
	$\bar{x} \pm ES (n)$	$\bar{x} \pm ES (n)$	$\bar{x} \pm ES (n)$
BCNH	0,255 ^a \pm 0,023 (25)	0,237 (1)	0,230 ^b \pm 0,016 (22)
SNEG	0,216 ^a \pm 0,008 (15)	0,217 ^a \pm 0,011 (6)	0,186 ^b \pm 0,022 (16)
LOHE	0,221 ^a \pm 0,009 (5)	0,223 ^a \pm 0,012 (7)	0,171 ^b \pm 0,015 (20)

^{a-b} las letras señalan diferencias significativas entre años a partir de una prueba de Bonferroni

rencias en tamaño de los huevos. Nisbet (1982) para la Gaviota Común (*Sterna hirundo*) detectó un patrón estadísticamente significativo de disminución absoluta en el grosor de la cáscara según el orden de puesta y aunque también detectó ligeros incrementos en la concentración de contaminantes del primer al último huevo, no relaciona estos efectos. Si se tiene en cuenta que la dieta de estas especies es usualmente muy rica en este ión es poco probable asociar este patrón de variación a deficiencias en la incorporación del calcio, sino más bien a algún proceso relacionado con su metabolismo. Estas diferencias podrían subyacer en las mismas explicaciones que se han dado a los patrones de talla de los huevos en las especies reduccionistas. La explicación a la variación intranidada del grosor dada por Klaas *et al.* (1974) sobre la base de diferencias diarias en el metabolismo del calcio de las hembras solo es aplicable a la variabilidad aleatoria y no a un patrón estable de diferencias según el orden de puesta.

Se ha descrito que, generalmente, el primer y último huevo tienen las cáscaras más gruesas (Wilhelm 1940, Berg 1945) pero Capen (1977) en *Plegadis ridgwayi* encontró un patrón contrario. Este autor detectó una variación considerable y alertó que el orden de puesta no debe ser ignorado en las colectas de huevos para la determinación del grosor de las cáscaras.

La comparación entre años de los grosores medios obtenidos en cada especie reveló una disminución significativa en el 2002 para el Guanabá de La Florida, la Garza de Rizos y la Garza de Viente Blanco (Tabla 7). Esta disminución podría estar asociada al aumento en el porcentaje de infertilidad de los huevos, descrito por Denis (2002) para este año o pudiera estar reflejando el deterioro de las condiciones ecológicas en las zonas de forrajeo de estas especies debido a un aumento en la contaminación. Bayer (1982) también detectó diferencias interanuales en el grosor de la cáscara en colonias de Garcilote (*Ardea herodias*) en Oregon. El seguimiento de este importante parámetro reproductivo en los próximos años puede ser una herramienta importante para la detección temprana de alteraciones en el ecosistema.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los compañeros que participaron en las expediciones de campo a la ciénaga de Birama durante el desarrollo de este trabajo y a los trabajadores del área protegida Delta del Cauto, especialmente a Omar Labrada, por su apoyo. Un reco-

nocimiento especial a Montserrat Carbonell, quien donó el micrómetro utilizado en esta investigación. También agradecemos a las organizaciones que financiaron los viajes de campo o proveyeron otro equipamiento de trabajo: Wildlife Trust, WIWD-WG e Ideawild.

LITERATURA CITADA

- ACOSTA, M., A. LÓPEZ, Y L. MUGICA. 2002. Influencia del peso corporal y la longitud del tarso en las relaciones ecológicas de la comunidad de aves acuáticas del agroecosistema arrocero. *Biología* 16:109-123.
- ACOSTA, M., Y L. MUGICA. 1999. Influencia del microhábitat en la estructura del gremio Zancudas que habita la arrocera de El Jíbaro, Sancti Spiritus. *Biología* 13:17-25.
- ACOSTA, M., L. MUGICA, Y P. MARTÍNEZ. 1990. Segregación del subnicho trófico en seis especies de ciconiformes cubanos. *Ciencias Biológicas* 23: 68-81.
- ACOSTA, M., L. MUGICA, Y S. VALDÉS. 1994. Estructura trófica de una comunidad de aves acuáticas. *Ciencias Biológicas* 27:24-44.
- ANDERSON, D. W., J. J. HICKEY, R. W. RISEBROUGH, D. F. HUGHES, Y R. E. CHRISTENSEN. 1969. Significance of chlorinated hydrocarbon residues to breeding pelicans and cormorants. *Canadian Field Naturalist* 83:91-112.
- BAYER, R. D. 1982. Great Blue Heron eggshell thickness at Oregon estuaries. *Wilson Bulletin* 94: 198-201.
- BERG, L. R. 1945. The relationship of clutch position and time interval between eggs to eggshell quality. *Poultry Science* 24:555-563.
- BISKUP, M. L., R. W. RISEBROUGH, Y J. L. DUSI. 1978. Eggshell measurements and organochlorine residues in the Little Blue Heron. Pp. 113-116 *en* Wading birds (A. Sprunt IV, J. C. Ogden, and S. Winckler, eds.). Research report no. 7. National Audubon Society, New York, NY.
- BLUS, L. J., Y T. G. LAMONT. 1979. Organochlorine residues in six species of estuarine birds, South Carolina, 1971-75. *Pesticides Monitoring Journal* 13:56-60.
- BLUS, L. J., C. J. HENNY, Y T. E. KAISER. 1980. Pollution ecology of breeding Great Blue Herons in the Columbia Basin, Oregon and Washington. *Murrelet* 61:63-71.
- BOOTH, D. T., Y R. S. SEYMOUR. 1987. Effect of eggshell thinning on water vapor conductance of Malleefowl eggs. *Condor* 89:453-459.
- BUNCK, C. M., J. W. SPANN, O. H. PATTEE, Y W. J.

- FLEMING. 1985. Changes in eggshell thickness during incubation: implications for evaluating the impact of organochlorine contaminants on productivity. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 35:173-182.
- CAPEN, D. E. 1977. Eggshell thickness variability in the White-faced Ibis. *Wilson Bulletin* 89:99-106.
- CONNERS, P. G., V. C. ANDERLINI, R. W. RISEBROUGH, M. GILBERTSON, Y H. HAYES. 1975. Investigations of heavy metals in Common Tern populations. *Canadian Field Naturalist* 89:157-162.
- CUSTER, T. W., G. L. HENSLER, Y T. E. KAISER 1983a. Clutch size, reproductive success, and organochlorine contaminants in Atlantic coast Black-crowned Night Herons. *Auk* 100:699-710.
- CUSTER, T. W., C. M. BUNCK, Y T. E. KAISER. 1983b. Organochlorine residues in Atlantic coast Black-crowned Night-Heron eggs, 1979. *Colonial Waterbirds* 6:160-167.
- DENIS, D. 2002. Ecología reproductiva de siete especies de garzas (Aves: Ardeidae) en la ciénaga de Birama, Cuba. Tesis presentada para optar por el grado de Doctor en Ciencias Biológicas.
- DENIS, D. 2003. Dinámica metapoblacional en las colonias de garzas (Aves: Ardeidae) de la ciénaga de Birama, Cuba. *Journal of Caribbean Ornithology* 16:35-44.
- FABER, R. A., R. W. RISEBROUGH, Y H. M. PRATT. 1972. Organochlorines and mercury in Common Egrets and Great Blue Herons. *Environmental Pollution* 3:111-122.
- FABER, R. A., Y J. J. HICKEY. 1973. Eggshell thinning, chlorinated hydrocarbons, and mercury in inland aquatic birds eggs, 1969 and 1970. *Pesticides Monitoring Journal* 7:27-36.
- FERRER-FONT, S., X. RUIZ, C. SANPERA, L. JOVER, D. DENIS, M. ACOSTA, Y L. MUGICA. 2005. Stable isotopes, mercury and selenium as ecological biomarkers: egrets from Birama (Cuba). Abstract. 15. Regional Meeting of the Society for the Study and Conservation of the Caribbean Birds. Guadalupe, Agosto 2005.
- FINDHOLT, S. L. 1984. Organochlorine residues, eggshell thickness, and reproductive success of Snowy Egrets nesting in Idaho. *Condor* 86:163-169.
- FLEMING, W. J., B. P. PULLIN, Y D., M. SWINEFORD. 1984. Population trends and environmental contaminants in herons in the Tennessee Valley, 1980-1981. *Colonial Waterbirds* 7:63-73.
- FREDERICK, P. C., Y M. W. COLLOPY. 1989. Researcher disturbance in colonies of wading birds: Effects of frequency of visit and egg-marking on reproductive parameters. *Colonial Waterbirds* 12: 722-726.
- GOUTNER, V Y R. W. FURNESS. 1997. Mercury in feathers of Little Egret *Egretta garzetta* and Night Heron *Nycticorax nycticorax* chicks and in their prey in the Axios Delta, Greece. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 32: 211-216.
- HENNY, C. J., L. BLUS, Y C. S. HULSE. 1985. Trends and effects of organochlorine residues on Oregon and Nevada wading birds, 1979-83. *Colonial Waterbirds* 8:117-128.
- HOYT, D. 1979. Practical methods of estimating volume and fresh weight of bird eggs. *Auk* 103: 613-617.
- JULIANO, B. O. 1993. Rice in human nutrition. Food and Agricultural Organization, Rome. 162 pp.
- KING, K. A., E. L. FLICKINGER, Y H. H. HILDEBRAND. 1978. Shell thinning and pesticide residues in Texas aquatic bird eggs, 1970. *Pesticides Monitoring Journal* 12:16-21.
- KLAAS, E. E., H. M. OHLENDORF, Y R. G. HEATH. 1974. Avian eggshell thickness. Variability and sampling. *Wilson Bulletin* 86:156-164.
- KREITZER, J. F. 1972. The effects of embryonic development on the thickness of the egg shells of Coturnix Quail. *Poultry Science* 51:1764-1765.
- MCCARTY, J. P., Y A. L. SECORD. 2000. Possible effects of PCB contamination on female plumage colour and reproductive success in Hudson River Tree Swallows. *Auk* 117:987-995.
- MORA, M. A. 1991. Organochlorine and breeding success in Cattle Egrets in the mexicali valley, Baja California, Mexico. *Colonial Waterbirds* 14: 127-132.
- NISBET, I. C. T. 1982. Eggshell characteristics and organochlorine residues in Common Tern: variation with egg sequence. *Colonial Waterbirds* 5: 139-143.
- OHLENDORF, H. M., E. E. KLAAS, Y T. E. KAISER. 1977. Organochlorine residues and eggshell thinning in Anhingas and waders. Pp. 185-195 in *Proceedings of the 1977 conference of the Colonial Waterbird Group* (W. E. Southern, ed.). Dekalb, Illinois.
- OHLENDORF, H. M., E. E. KLAAS, Y T. E. KAISER. 1978. Environmental pollutants and eggshell thinning in the Black-crowned Night-Heron. Pp. 63-68 in *Wading birds* (A. Sprunt IV, J. C. Ogden, and S. Winckler, eds.). Research report no. 7. National Audubon Society, New York, NY.
- OHLENDORF, H. M., E. E. KLAAS, Y T. E. KAISER.

1979. Environmental pollutants and eggshell thickness: Anhingas and wading birds in the eastern United States. United States Fish and Wildlife Service Special Science Report—Wildlife 216:1-94.
- PACKARD M. J., Y G. C. PACKARD. 1984. Comparative aspects of calcium metabolism in embryonic reptiles and birds. Pp. 155-180 *en* Respiration and metabolism of embryonic vertebrates (R. S. Seymour, ed.). Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, Netherlands.
- RAHN, H., A. AR, Y C. V. PAGANELLI. 1979. How bird eggs breathe. *Scientific American* 240:46-55.
- RISEBROUGH, R. W., G. L. FLOAANT, Y D. D. BERGER. 1970. Organochlorine pollutants in Peregrines and Merlins migrating through Wisconsin. *Canadian Field-Naturalist* 84:247-253.
- RISEBROUGH, R. W., F. C. SIBLEY, Y M. N. KIRVEN. 1971. Reproductive failure of the Brown Pelican on Anacapa Island in 1969. *American Birds* 25:8-9.
- RODRÍGUEZ, A. 2001. Patrones de variación en talla y composición de los huevos en ocho especies de ciconiformes cubanos. Tesis de Diploma. Facultad de Biología U. H. 52 pp.
- ROMANOF, A. L., Y A. J. ROMANOF. 1949. The avian egg. John Wiley & Sons, New York.
- RUIZ, X. 1982. Biología y ecología de *Bubulcus ibis* (L. 1958). Tesis de Doctorado, Universidad de Barcelona.
- SIMKISS, K. 1967. Calcium in reproductive physiology. Reinhold, New York.
- TILLITT, D. E. 1992. Polychlorinated biphenyl residues and egg mortality in Double-crested Cormorants from the Great Lakes. *Environmental Toxicology and Chemistry* 11:1281-1288.
- WANGESTEEN O. D. Y H. RAHN. 1970. Respiratory gas exchange by the avian embryo. *Respiration Physiology* 11:31-45.
- WATTS, B. D. 1995. Yellow-crowned Night-Heron. *Birds of North America* 161:1-23.
- WILHELM, L. A. 1940. Some factors affecting variations in eggshell quality. *Poultry Science* 19:246-253.