

**REPRODUCCIÓN DE *Cochlearius cochlearius* (GARZA CUCHARÓN) Y
Butorides virescens (GARZA VERDE) EN LA MANZANILLA,
JALISCO, MÉXICO**

**REPRODUCTION OF *Cochlearius cochlearius* (BOAT-BILLED HERON) AND
Butorides virescens (GREEN-BACKED HERON) IN LA MANZANILLA,
JALISCO, MEXICO**

Salvador Hernández-Vázquez¹
Guillermo J. Fernández-Aceves²

¹ Centro de Ecología Costera
Centro Universitario de la Costa Sur
Universidad de Guadalajara
Gómez Farías 82
San Patricio-Melaque, Municipio de Cihuatlán
Jalisco, CP 48980, México
E-mail: sahernan@costera.melaque.udg.mx

² Department of Biological Sciences
Simon Fraser University
Burnaby, BC, V5A 1S6, Canada
E-mail: gjf@sfu.ca

Recibido en septiembre de 1998; aceptado en marzo de 1999

RESUMEN

Se registra la reproducción de las garzas *Cochlearius cochlearius* (garza cucharón) y *Butorides virescens* (garza verde) en el estero La Manzanilla, Jalisco, México, de abril a agosto de 1997. Se observaron dos sitios de anidación: el sitio A presentó 11 nidos de *C. cochlearius* (54.5% reutilizados) y 16 de *B. virescens* (6.2% reutilizados); el sitio B exhibió 8 nidos de *C. cochlearius* y 22 nidos de *B. virescens* (13.6% reutilizados). La altura promedio del nido de *C. cochlearius* fue mayor (308.42 ± 23.81 cm) que la de *B. virescens* (115.13 ± 4.73 cm). El tamaño promedio de la nidada de *B. virescens* (2.71 ± 0.08) fue significativamente mayor que el de *C. cochlearius* (1.88 ± 0.12). El volumen promedio de los huevos de *B. virescens* en el sitio A (18.02 ± 0.19 cm³) fue mayor que en el sitio B (16.95 ± 0.30 cm³). Los huevos de *C. cochlearius* (35.01 ± 1.04 cm³) fueron casi el doble de grandes que los de *B. virescens*. La primer especie anidante fue *C. cochlearius*, cuyo periodo reproductivo se extendió de finales de abril a agosto, presentando un tiempo promedio de incubación de 20 días. Para *B. virescens*, el periodo reproductivo fue más compacto y homogéneo, extendiéndose de mayo a julio, con un tiempo promedio de incubación de 19.4 días. El éxito reproductivo estimado para ambas especies fluctuó entre 50 y 87%, correspondiendo el valor más alto a viabilidad y el más bajo a éxito a volantón.

Palabras clave: *Cochlearius cochlearius*, *Butorides virescens*, ardeidos, anidación, Jalisco.

ABSTRACT

Reproduction of the herons *Cochlearius cochlearius* (boat-billed heron) and *Butorides virescens* (green-backed heron) was recorded for La Manzanilla estuary, Jalisco, Mexico, from April to August 1997. Two breeding sites were studied: site A presented 11 nests of *C. cochlearius* (54.5% were reused) and 16 nests of *B. virescens* (6.2% were reused); site B exhibited 8 nests of *C. cochlearius* and 22 nests of *B. virescens* (13.6% were reused). Mean height of nests of *C. cochlearius* was higher (308.42 ± 23.81 cm) than that of *B. virescens* (115.13 ± 4.73 cm). Clutch size of *B. virescens* (2.71 ± 0.08) was significantly larger than that of *C. cochlearius* (1.88 ± 0.12). Mean egg volume of *B. virescens* at site A (18.02 ± 0.19 cm³) was larger than the volume at site B (16.95 ± 0.30 cm³). The eggs of *C. cochlearius* (35.01 ± 1.04 cm³) were almost twice the size of those of *B. virescens*. The first nesting species was *C. cochlearius*, which exhibited a breeding period from April to August and an incubation period of 20 days. The breeding period of *B. virescens* was shorter and more homogeneous, from May to July, with a mean incubation period of 19.4 days. The breeding success estimated for both species fluctuated between 50 and 87%; the highest values were associated with viability and the lowest with flying success.

Key words: *Cochlearius cochlearius*, *Butorides virescens*, herons, nesting, Jalisco.

INTRODUCCIÓN

Las lagunas costeras son sistemas altamente productivos, complejos e importantes para muchas especies marinas (Yáñez-Arancibia, 1986). Las aves acuáticas representan un componente importante en la diversidad de estos sistemas, ya que son utilizados tanto por aves migratorias como residentes que se reproducen en el área (Bildstein *et al.*, 1991). En muchas lagunas costeras los ardeidos (garzas y afines) constituyen uno de los grupos más representativos de la avifauna residente, con una importancia ecológica en la utilización de recursos tróficos por ser carnívoros mayores (Frederick y Collopy, 1989).

Las especies de garzas comúnmente anidan en colonias relativamente limitadas y en altas densidades (Beaver *et al.*, 1980). En las garzas existe un traslape trófico importante tanto a nivel espacial como temporal (Frederick y Collopy, 1989). La disponibilidad de alimento, estrategias de forrajeo y la ubicación del individuo para alimentarse determinan su distribución y demografía (Frederick y Collopy, 1989). Existe amplia información de la anidación de garzas (Beaver *et al.*, 1980; David, 1994; Custer *et al.*, 1996), pero respecto a *Cochlearius cochlearius* (garza cucharón) y *Butorides virescens* (garza verde) la cantidad de información es mínima. Entre los pocos trabajos

INTRODUCTION

Coastal lagoons are very productive, complex and important systems for many marine species (Yáñez-Arancibia, 1986). Water birds are an important part of the diversity of these systems, since both migratory and resident birds use these areas to breed (Bildstein *et al.*, 1991). In many coastal lagoons, the family Ardeidae (herons and allies) is one of the best represented groups of the resident avifauna and has an important ecological impact on the trophic resources since they are high-level carnivores (Frederick and Collopy, 1989).

Heron species commonly nest in relatively limited colonies and in high densities (Beaver *et al.*, 1980). There is an important trophic overlap among the herons at the spatial and temporal level (Frederick and Collopy, 1989). The availability of food, foraging strategies and the feeding location of the individuals determine their distribution and demography (Frederick and Collopy, 1989). There is much information on heron nesting (Beaver *et al.*, 1980; David, 1994; Custer *et al.*, 1996), but little information with regard to *Cochlearius cochlearius* (boat-billed heron) and *Butorides virescens* (green-backed heron). The few studies that have been conducted in Mexico discuss taxonomy (Cracraft, 1967), feeding

existentes en México están los que hacen referencia a la taxonomía (Cracraft, 1967), alimentación (Mock, 1975), abundancia (Binquüst *et al.*, 1994; Becerril y Carmona, 1997) y reproducción (Dickerman y Gaviño, 1969; Dickerman y Juárez, 1971; Gaviño y Dickerman, 1972), por lo que aún se desconocen aspectos sobre su biología reproductiva, como por ejemplo, cuáles son los mecanismos de selección del sitio de anidación y las principales causas que afectan el éxito reproductivo.

Este estudio tiene como objetivo describir los aspectos de la cronología de puesta y eclosión de *C. cochlearius* y *B. virescens* en el estero La Manzanilla, Jalisco, México. Lo anterior permitirá enfocar esfuerzos de protección y conservación durante ciertos periodos del año, logrando con esto un menor impacto antropogénico a las colonias reproductivas de estas dos especies de garzas. De acuerdo con la hipótesis planteada en este estudio, se espera encontrar un patrón diferente en el periodo reproductivo de estas dos especies de garzas en comparación con lo observado en otras latitudes, causado principalmente por la variación en las condiciones para la reproducción.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en el estero La Manzanilla, municipio de La Huerta, Jalisco, México (fig. 1). El estero tiene una superficie de 30 ha. El clima en la región es subhúmedo, con una temperatura media anual de 26 a 28°C, siendo los meses más cálidos entre junio y agosto. La precipitación media anual es de 700 a 800 mm, con un régimen de lluvias de verano. Sus principales fuentes de agua son los arroyos temporales La Tigra, Los Ingenieros y La Beva. El estero se encuentra rodeado por extensos manglares, entre los que predominan *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y *Conocarpus erectus* (botoncillo), y con manchones de *Rhizophora mangle* (mangle rojo) en la parte noreste.

A partir de que fue detectado el primer nido con huevos, se procuró realizar una visita semanal para registrar todos los nidos activos, con huevos

(Mock, 1975), abundancia (Binquüst *et al.*, 1994; Becerril and Carmona, 1997) and reproduction (Dickerman and Gaviño, 1969; Dickerman and Juárez, 1971; Gaviño and Dickerman, 1972), but aspects of their reproductive biology are still not known; for example, which mechanisms are used for selecting the nesting sites and the principal causes of breeding success.

This study aims to describe the chronological aspects of egg laying and hatching of *C. cochlearius* and *B. virescens* in the La Manzanilla estuary, Jalisco, Mexico. This information will be of use in their protection and conservation and in turn will reduce the anthropogenic impact on the breeding colonies of these two heron species. The hypothesis of this study states that there should be different patterns in the breeding periods of these two heron species, compared to those observed at other latitudes, due to the variation in breeding conditions.

MATERIAL AND METHODS

The study was conducted in the La Manzanilla estuary, in the municipality of La Huerta, Jalisco, Mexico (fig. 1); it has an area of 30 ha. The climate is subhumid, with a mean annual temperature of 26 to 28°C; the hottest months are June, July and August. The mean annual rainfall is from 700 to 800 mm, with a summer rainy season. The principal sources of water are the temporary streams of La Tigra, Los Ingenieros and La Beva. The estuary is surrounded by vast mangroves, predominantly *Laguncularia racemosa* (white mangrove), *Conocarpus erectus* (button mangrove) and patches of *Rhizophora mangle* (red mangrove) in the northeastern section.

Once the first nest with eggs was detected, an attempt was made to make weekly trips to record all the active nests, with eggs or chicks, in order to follow the chronology of egg laying and hatching. The study period covered 112 days, from 24 April to 13 August 1997. Fourteen trips were made and the average time between each trip was 7.9 ± 0.6 days, with an interval of 4 to 12 days. Each nest

o pollos, para seguir la cronología de puesta y eclosión. El periodo de actividad fue entre el 24 de abril y 13 de agosto de 1997, comprendiendo 112 días. Se realizaron 14 visitas y el tiempo promedio entre cada visita fue de 7.9 ± 0.6 días, con un intervalo de 4 a 12 días. Cada nido fue marcado con una etiqueta plástica transparente, donde se indicó con tinta indeleble el número de nido. Las visitas fueron por las mañanas, con el fin de no perturbar las colonias en las horas de mayor calor; durante las visitas se contaron los huevos y pollos de ambas especies. Los huevos se marcaron con tinta indeleble no tóxica para distinguirlos entre sí. Se estimó el tiempo promedio de incubación con base en la diferencia, en días, entre la visita en que se registró el nido con huevos y la visita en que ya había pollos. Es probable que el tiempo de incubación calculado sea subestimado por lo espaciado de las visitas. Con los datos obtenidos en las visitas se determinaron la viabilidad, el éxito de eclosión, la fertilidad y el éxito a volantón de acuerdo con Mayfield (1975) y Erwin y Custer (1982). Por conveniencia, en este estudio se hace referencia al éxito a volantón cuando el pollo permaneció en el nido entre dos y tres semanas, ya que posteriormente se desplaza entre el manglar haciendo difícil su observación.

Para cada nido se registró el sustrato sobre el que estaba construido y la altura a la que se encontraba con respecto al nivel del agua, la cual fue medida con una cinta métrica (± 0.5 cm). Los nidos que fueron utilizados por más de una ocasión para anidar fueron considerados como nidos reutilizados. La longitud y el ancho de los huevos se midió con un vernier (± 0.5 mm). El volumen de cada huevo fue estimado basado en la ecuación propuesta por Hoyt (1979), la cual se define como $V = K_V \cdot LB^2$, donde K_V es el coeficiente del volumen, L la longitud y B el diámetro máximo.

El análisis estadístico fue realizado con STATISTICA 4.5. La comparación de la altura de los nidos, tamaño de la nidada, volumen de los huevos y tiempo de incubación entre sitios y especies fue realizada con una prueba t de Student.

was numbered with indelible ink on a clear plastic label. The trips were made in the morning so as not to disturb the colonies during the hottest hours; the eggs and chicks of both species were counted during the trips. The eggs were marked with nontoxic indelible ink. The average incubation period was estimated from the difference in days between the trip when a nest with eggs was recorded and the trip when chicks were observed. The incubation period is probably underestimated, due to the time elapsed between trips. Viability, hatch success, fertility and flying success were calculated with the data obtained, in accordance with Mayfield (1975) and Erwin and Custer (1982). For convenience, flying success refers to when the chick remained in the nest for two to three weeks, since afterwards it moved about the mangrove and was difficult to observe.

The substrate on which each nest was built was recorded, as well as the height, with respect to sea level, at which it was found; this was measured with a metric tape measure (± 0.05 cm). The nests that were used on more than one occasion were considered reused nests. The length and width of the eggs were measured with a vernier (± 0.5 mm). Egg volume was estimated with the equation of Hoyt (1979), defined as $V = K_V \cdot LB^2$, where K_V is the volume coefficient, L the length and B the maximum diameter.

STATISTICA 4.5 was used for the statistical analyses. Student's- t test was used to compare the height of the nests, clutch size, egg volume and incubation period between sites and species. Viability, hatch success, fertility and flying success were compared between sites and species with the Z -test of proportions. The mean value and standard error ($\bar{x} \pm SE$) were recorded, unless otherwise specified.

RESULTS

Nesting sites

Only two sites with breeding colonies of *C. cochlearius* and *B. virescens* were observed at La

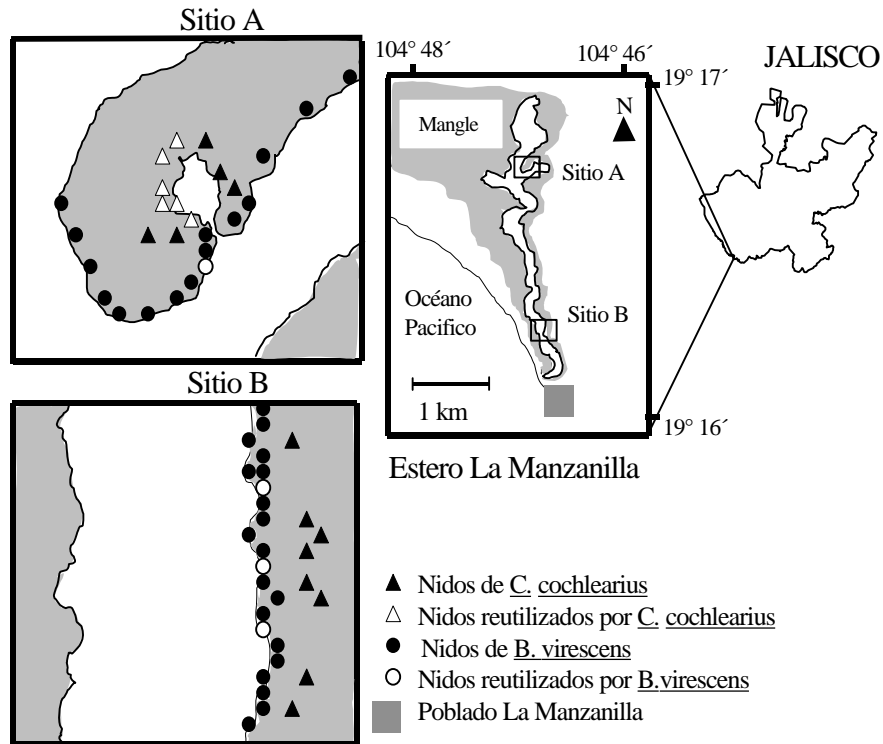


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio y ubicación de los sitios de anidación de *Cochlearius cochlearius* y *Butorides virescens*.

Figure 1. Geographic location of the study area and nesting sites of *Cochlearius cochlearius* and *Butorides virescens*.

La comparación de la viabilidad, éxito de eclosión, fertilidad y éxito a volantón entre sitios y especies se realizó con una prueba Z de proporciones. Se registra el valor de la media y el error estándar ($\bar{x} \pm EE$); de lo contrario se especifica.

RESULTADOS

Sitio de anidación

En La Manzanilla se observaron dos sitios con colonias reproductivas únicamente de *C. cochlearius* y *B. virescens* (fig. 1). El sitio A se ubicó a 2.5 km al norte de la boca, abarcando una

Manzanilla (fig. 1). Site A was located 2.5 km north of the mouth and had an area of 300 m². This site was characterized by red mangrove and two water channels surrounding it that did not exceed 1 m depth. Site B was 500 m north of the mouth and had an area of 350 m². Here, the water was from 1 to 1.5 m deep and the substrate was white mangrove.

At site A, 11 nests of *C. cochlearius* and 16 of *B. virescens* were recorded. Six nests of *C. cochlearius* were reused and only one of *B. virescens*. At site B, 8 nests of *C. cochlearius* and 22 of *B. virescens* were observed, of which 3 were reused. The nests were reused by the same

superficie de 300 m²; este sitio se caracterizó por el sustrato de mangle rojo y por estar rodeado por dos canales de agua que no exceden 1 m de profundidad. El sitio B se encontró a 500 m al norte de la boca y presentó una extensión de 350 m²; en este sitio la profundidad del agua varió de 1 a 1.5 m y el sustrato fue el mangle blanco.

En el sitio A se registraron 11 nidos de *C. cochlearius* y 16 de *B. virescens*. Para *C. cochlearius* se observó que 6 nidos fueron reutilizados y para *B. virescens* sólo uno. En tanto que en el sitio B se detectaron 8 nidos de *C. cochlearius* y 22 nidos de *B. virescens*, de los cuales 3 fueron reutilizados. La reutilización de nidos fue por la misma especie que previamente había sido registrada, a excepción de un caso en el sitio A, donde había dos pollos de *C. cochlearius* y para la siguiente visita había huevos de *B. virescens*; se desconoce que sucedió con los primeros pollos.

En los dos sitios de anidación, *B. virescens* prefirió sitios más cerca de la orilla del manglar y sobre ramas más delgadas, a una altura promedio de 115.13 ± 4.73 cm ($t = 1.28$, $gl = 36$, $P = 0.21$). En tanto, *C. cochlearius* estableció sus nidos en partes más internas del manglar y sobre ramas más gruesas; la altura promedio fue de 308.42 ± 23.81 cm en los dos sitios ($t = 0.30$, $gl = 17$, $P = 0.77$). Para cada sitio se observaron dos nidos con alturas entre 100 y 170 cm; es probable que hayan sido construidos por *B. virescens*. Al comparar la altura promedio por especie, el nido de *C. cochlearius* (308.42 ± 23.81 cm) fue más alto que el de *B. virescens* (115.13 ± 4.73 cm) ($t = -10.75$, $gl = 55$, $P = <0.05$). El tamaño y construcción fueron similares, con un diámetro que fluctuó entre 30 y 35 cm y grosor de 10 a 15 cm. Los nidos fueron construidos con pequeñas ramas secas; en algunos casos se observó que el material utilizado fue tomado de nidos abandonados.

Tamaño de la nidada

El número de huevos por nido para *C. cochlearius* varió entre 1 y 3 (fig. 2a), con un

species, except for one nest at site A, where two chicks of *C. cochlearius* had been reported and in the following visit there were eggs of *B. virescens*. It is not known what happened to the first chicks.

At both nesting sites, *B. virescens* preferred sites closer to the edge of the mangrove and on the thinnest branches, at an average height of 115.13 ± 4.73 cm ($t = 1.28$, $df = 36$, $P = 0.21$). *Cochlearius cochlearius* built its nests in the innermost areas of the mangrove and on the thickest branches; the average height was 308.42 ± 23.81 cm at both sites ($t = 0.30$, $df = 17$, $P = 0.77$). Two nests were observed at both sites at heights between 100 and 170 cm, probably built by *B. virescens*. The average height of the nests of *C. cochlearius* (308.42 ± 23.81 cm) was higher than that of *B. virescens* (115.13 ± 4.73) ($t = -10.75$, $df = 55$, $P = <0.05$). Size and construction were similar, with a diameter that varied from 30 to 35 cm and a thickness from 10 to 15 cm. The nests were built with small dry branches and, in some instances, the material had been taken from abandoned nests.

Clutch size

The number of eggs per nest of *C. cochlearius* varied from 1 to 3 (fig. 2a), with an average of 1.88 ± 0.12 for both sites ($t = 0.03$, $df = 23$, $P = 0.98$). For *B. virescens*, the number of eggs per nest varied between 2 and 4 for site A and between 2 and 3 for site B (fig. 2b), with no differences between sites ($t = -0.09$, $df = 40$, $P = 0.93$); the average clutch size was 2.71 ± 0.08. The clutch size of *C. cochlearius* (1.88 ± 0.12) is smaller than that of *B. virescens* (2.71 ± 0.08) ($t = 6.07$, $df = 65$, $P = <0.05$).

Egg size

For *C. cochlearius*, 9.3% (3/32) of all the eggs was used to estimate egg volume at site A and 33.4% (5/15) at site B. The average volume was 35.01 ± 1.04 cm³ at both sites ($t = 2.07$, $df = 3$, $P = 0.13$). The number of eggs measured

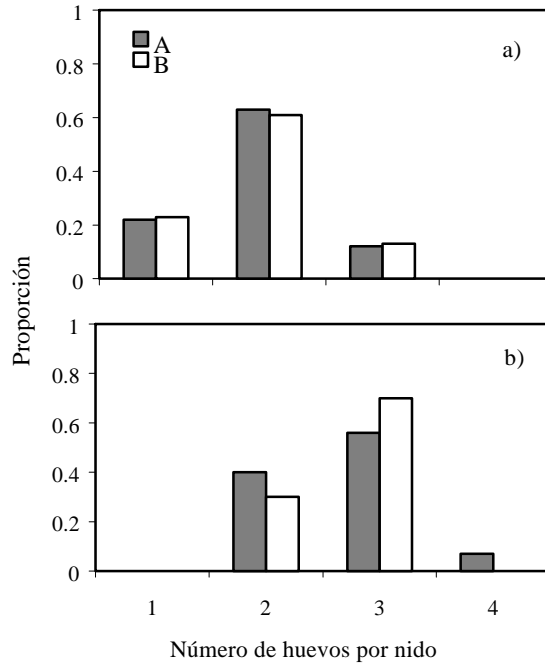


Figura 2. Tamaño de nidada para (a) *Cochlearius cochlearius* en el sitio A ($n = 11$ nidos) y el sitio B ($n = 8$ nidos) y (b) *Butorides virescens* en el sitio A ($n = 16$ nidos) y el sitio B ($n = 22$ nidos), en el estero La Manzanilla, Jalisco, durante 1997.

Figure 2. Clutch size of (a) *Cochlearius cochlearius* at site A ($n = 11$ nests) and site B ($n = 8$ nests) and (b) *Butorides virescens* at site A ($n = 16$ nests) and site B ($n = 22$ nests), in La Manzanilla estuary, Jalisco, during 1997.

promedio de 1.88 ± 0.12 en ambos sitios ($t = 0.03$, $gl = 23$, $P = 0.98$). Para *B. virescens* el número de huevos por nido fluctuó de 2 a 4 para el sitio A y de 2 a 3 para el sitio B (fig. 2b), sin diferencias entre sitios ($t = -0.09$, $gl = 40$, $P = 0.93$), con un promedio de tamaño de nidada de 2.71 ± 0.08 . Al comparar el tamaño de la nidada entre especies, se observó que *C. cochlearius* (1.88 ± 0.12) tiene una menor nidada que *B. virescens* (2.71 ± 0.08) ($t = 6.07$, $gl = 65$, $P = < 0.05$).

Tamaño de los huevos

En el caso de *C. cochlearius* se consideraron en el sitio A el 9.3% (3/32) y en el sitio B el 33.4% (5/15) del total de huevos para estimar el

for *B. virescens* was higher: 66.7% (30/45) at site A and 77.9% (53/68) at site B. Differences were observed for this species ($t = 2.47$, $df = 81$, $P = 0.02$), since the eggs at site A (18.02 ± 0.19 cm³) had greater volume than those at site B (16.95 ± 0.30 cm³). The eggs of *C. cochlearius* had greater volume than those of *B. virescens* at site A ($t = -26.51$, $df = 36$, $P = >0.05$) and at site B ($t = -20.63$, $df = 59$, $P = >0.05$).

Reproductive chronology

Cochlearius cochlearius was the first species to occupy nests at both sites. Its breeding period at site A was from the end of April to August (fig. 3a) and at site B from the end of April to July

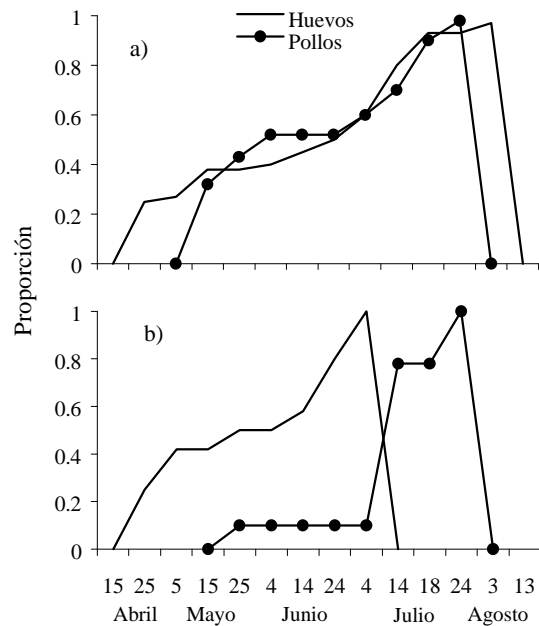


Figura 3. Cronología de puesta y eclosión de *Cochlearius cochlearius* en (a) el sitio A ($n = 32$ huevos) y (b) el sitio B ($n = 15$ huevos), en el estero La Manzanilla, Jalisco, durante 1997.

Figure 3. Chronology of egg laying and hatching of *Cochlearius cochlearius* at (a) site A ($n = 32$ eggs) and (b) site B ($n = 15$ eggs), in La Manzanilla estuary, Jalisco, during 1997.

volumen. El volumen promedio fue de $35.01 \pm 1.04 \text{ cm}^3$ en ambos sitios ($t = 2.07$, $gl = 3$, $P = 0.13$). El número de huevos que se midieron de *B. virescens* fue mayor: en el sitio A el 66.7% (30/45) y en el sitio B el 77.9% (53/68). En este caso se encontraron diferencias ($t = 2.47$, $gl = 81$, $P = 0.02$), ya que los huevos del sitio A ($18.02 \pm 0.19 \text{ cm}^3$) son de mayor volumen que los del sitio B ($16.95 \pm 0.30 \text{ cm}^3$). Los huevos de *C. cochlearius* presentaron un mayor volumen que los de *B. virescens*, tanto en el sitio A ($t = -26.51$, $gl = 36$, $P = >0.05$) como en el sitio B ($t = -20.63$, $gl = 59$, $P = >0.05$).

Cronología reproductiva

La primer especie que ocupó nidos en ambos sitios fue *C. cochlearius*. En el sitio A su periodo

(fig. 3b). The maximum number of eggs was observed in August at site A and in July at site B. The average number of days between egg laying and hatching was 16.4 ± 0.89 days at site A and 22 ± 2.94 days at site B, and no differences were observed ($t = -1.83$, $df = 4$, $P = 0.14$). The hatch pattern was different between sites. At site A, the hatches increased with the season (fig. 3a), while at site B, the only significant increase occurred in July (fig. 3b). The nesting period of *B. virescens* was shorter and more homogeneous, extending from May to July (fig. 4a, b). Egg laying increased at both sites with the season, with the maximum in July for both sites. The average incubation period was 17.7 ± 1.67 and 21.2 ± 1.33 days, respectively, with no differences ($t = -1.62$, $df = 14$, $P = 2.14$). Egg laying and hatching had a similar pattern, with the maximum between 18

reproductivo se extendió de finales de abril a agosto (fig. 3a) y en el sitio B, de finales de abril a julio (fig. 3b). Sin embargo, no es hasta agosto en el sitio A y julio en el sitio B cuando se registra el máximo de puesta de huevos. Se observó una separación promedio de 16.4 ± 0.89 días entre la puesta y la eclosión en el sitio A y de 22 ± 2.94 días en el sitio B, sin encontrar diferencias ($t = -1.83$, $gl = 4$, $P = 0.14$). El patrón de las eclosiones fue diferente entre sitios: en A las eclosiones se fueron incrementando conforme la temporada (fig. 3a); en B, sólo hasta julio se incrementaron de manera importante (fig. 3b). El periodo de anidación de *B. virescens* fue más compacto y homogéneo, extendiéndose de mayo a julio (fig. 4a, b). En ambos sitios el número de puestas se incrementó conforme la temporada, teniendo el máximo en julio para ambos sitios. El tiempo promedio de incubación fue 17.7 ± 1.67 y 21.2 ± 1.33 días, respectivamente, sin encontrar diferencias ($t = -1.62$, $gl = 14$, $P = 2.14$). Las eclosiones presentaron un patrón similar a las puestas, con el máximo entre el 18 y 22 de julio para ambos sitios. El tiempo de incubación por especie no fue diferente ($t = -1.81$, $gl = 43$, $P = 0.08$). En ambas especies la cronología reproductiva terminó de manera repentina debido a las condiciones climatológicas ocasionadas por el inicio de la temporada de lluvias.

Éxito reproductivo

Los parámetros determinados para *C. cochlearius*, como viabilidad, eclosión, fertilidad y éxito a volantón, fluctuaron entre 50 y 87%, siendo el valor más bajo el éxito a volantón y el más alto el de la viabilidad (fig. 5a). En ninguno de los parámetros determinados se encontraron diferencias entre sitios (viabilidad: $Z = -0.30$, $P = 0.77$; eclosión: $Z = 1.11$, $P = 0.27$; fertilidad: $Z = 1.50$, $P = 0.14$; volantón: $Z = -0.60$, $P = 0.55$). Para *B. virescens*, los valores de los parámetros presentaron un comportamiento similar en cuanto a la eclosión y el éxito a volantón; además, la fertilidad al igual que la viabilidad presentaron valores altos (fig. 5b). Sólo se observaron

and 22 July for both sites. No differences were found between the incubation periods per species ($t = -1.81$, $df = 43$, $P = 0.08$). The reproductive chronology of both species ended abruptly, due to the onset of the rainy season.

Breeding success

The values determined for viability, hatching, fertility and flying success for *C. cochlearius* varied from 50 to 87%; flying success was the lowest and viability, the highest (fig. 5a). None of the values showed differences between sites (viability: $Z = -0.30$, $P = 0.77$; hatching: $Z = 1.11$, $P = 0.27$; fertility: $Z = 1.50$, $P = 0.14$; flying success: $Z = -0.60$, $P = 0.55$). For *B. virescens*, the values of hatching and flying success showed the same pattern, and both fertility and viability had high values (fig. 5b). Differences were only observed in viability; site A had fewer eggs that completed the incubation period ($Z = -3.05$, $P = >0.05$). Differences were not observed for the other values between sites (hatching: $Z = -1.56$, $P = 0.12$; fertility: $Z = 0.51$, $P = 0.61$; flying success: $Z = -0.15$, $P = 0.88$). Comparing the values between species, viability differed between *C. cochlearius* and *B. virescens* only at site A ($Z = 2.56$, $P = 0.01$), but it was similar at site B ($Z = 0.31$, $P = 0.75$). No differences were found in the remaining values (hatching: $Z = 0$, $P = 1$; fertility: $Z = 1.36$, $P = 0.17$; flying success: $Z = 0.50$, $P = 0.63$).

DISCUSSION

The overlap between species with similar ecological requirements can be high, especially between related species (Wallace, 1987). For *B. virescens* and *C. cochlearius* that nested in mixed colonies at La Manzanilla, there are differences that lower the probability of interspecific interaction per species; *B. virescens* nests on the shore of the mangrove and at lower heights than *C. cochlearius*. Dickerman and Juárez (1971) observed a similar pattern in San Blas, Nayarit, since *C. cochlearius* built its nests in the highest

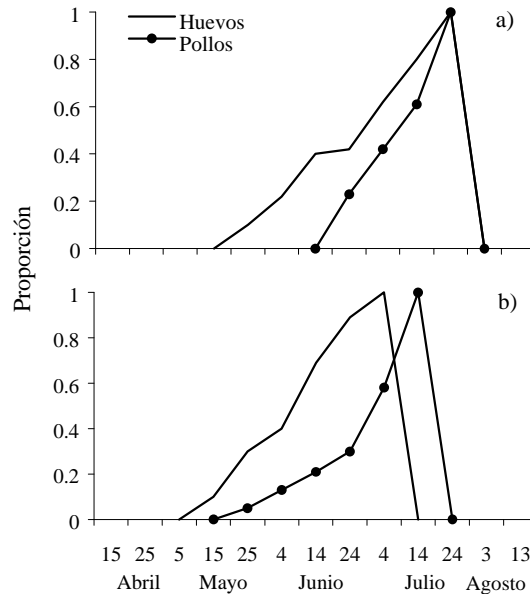


Figura 4. Cronología de puesta y eclosión de *Butorides virescens* en (a) el sitio A ($n = 45$ huevos) y (b) el sitio B ($n = 68$ huevos), en el estero La Manzanilla, Jalisco, durante 1997.

Figure 4. Chronology of egg laying and hatching of *Butorides virescens* at (a) site A ($n = 45$ eggs) and (b) site B ($n = 68$ eggs), in La Manzanilla estuary, Jalisco, during 1997.

diferencias en la viabilidad, ya que en el sitio A un menor número de huevos completaron el periodo de incubación ($Z = -3.05$, $P = >0.05$). Para los otros parámetros no se encontraron diferencias entre sitios (eclosión: $Z = -1.56$, $P = 0.12$; fertilidad: $Z = 0.51$, $P = 0.61$; volantón: $Z = -0.15$, $P = 0.88$). Al comparar el valor de los parámetros entre especies, la viabilidad fue diferente sólo entre *C. cochlearius* y *B. virescens* en el sitio A ($Z = 2.56$, $P = 0.01$), mientras que en el sitio B no fue diferente ($Z = 0.31$, $P = 0.75$). Para el resto de los parámetros no se encontraron diferencias (eclosión: $Z = 0$, $P = 1$; fertilidad: $Z = 1.36$, $P = 0.17$; volantón: $Z = 0.50$, $P = 0.63$).

DISCUSIÓN

El traslapo entre especies con requerimientos ecológicos similares puede ser alto, especialmente

parts of the mangrove with the densest vegetation. Another aspect that allows for the cooccurrence of both species are their feeding habits; *B. virescens* was observed feeding during the day, while *C. cochlearius* at night (Mock, 1975).

The occurrence of *B. virescens* and *C. cochlearius* at the same nesting sites, in addition to the observations of Dickerman and Juárez (1971) in Nayarit, indicate that this is a common association that may benefit both species by decreasing the probability of depredation. The ability to form mixed nesting colonies is common among the Ardeidae (Custer and Osborn, 1978; Custer *et al.*, 1996).

The values observed for average egg size and clutch size for each species concur with those reported by Dickerman and Gaviño (1969) and Dickerman and Juárez (1971). The eggs of *C. cochlearius* are larger than those of *B. virescens*,

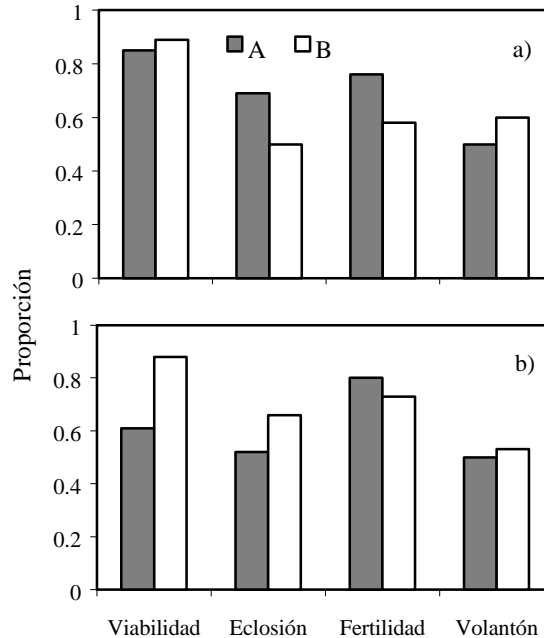


Figura 5. Éxito reproductivo de (a) *Cochlearius cochlearius* y (b) *Butorides virescens* en el estero La Manzanilla, Jalisco, durante 1997.

Figure 5. Breeding success of (a) *Cochlearius cochlearius* and (b) *Butorides virescens* in La Manzanilla estuary, Jalisco, during 1997.

entre especies emparentadas (Wallace, 1987). Para *B. virescens* y *C. cochlearius*, que anidaron en colonias mixtas en La Manzanilla, es evidente que existen diferencias que disminuyen las probabilidades de interacción interespecífica por recursos; *B. virescens* anida en la orilla del manglar y a menos altura en comparación con *C. cochlearius*. Dickerman y Juárez (1971) observaron un patrón similar en San Blas, Nayarit, ya que *C. cochlearius* ubicó sus nidos en las partes más altas del manglar y con vegetación más densa. Otro aspecto que permite la concurrencia de ambas especies son los hábitos alimenticios; *B. virescens* fue observado alimentándose durante el día, mientras que *C. cochlearius* lo hizo durante la noche (Mock, 1975).

but the clutch is smaller. The number of eggs per nest varies among species, and is due to many factors, such as breeding time, population density, habitat, nesting area and food availability. The latter is strongly associated with negative impacts on heron reproduction (Frederick and Collopy, 1989). Food availability is affected by changes in the water level; fish density decreases when water levels are high, affecting the feeding rate during these periods (David, 1994). For this reason, foraging habitats are restricted at high water levels (Custer *et al.*, 1996). This is the case for La Manzanilla, since the colonies are surrounded by vast mangrove areas and when the water level rises, the foraging sites of the herons (shallow littoral habitats) are reduced considerably.

La presencia de *B. virescens* y *C. cochlearius* en los mismos sitios de anidación, así como las observaciones realizadas por Dickerman y Juárez (1971) en Nayarit, indican que esta asociación es común. Existe la posibilidad de un beneficio para ambas especies, al disminuir la probabilidad de depredación. La capacidad de formar colonias mixtas de anidación es común entre ardeidos (Custer y Osborn, 1978; Custer *et al.*, 1996).

Los valores observados en cuanto al tamaño promedio de los huevos y de nidada para cada especie se consideran acordes con lo informado por Dickerman y Gaviño (1969) y Dickerman y Juárez (1971). El huevo de *C. cochlearius* es de mayor tamaño y el tamaño de nidada menor que *B. virescens*. El número de huevos por nido varía entre especies, y es determinada por varios factores como el tiempo de reproducción, la densidad de la población, el hábitat, el lugar de anidación y la disponibilidad de alimento. Este último factor está fuertemente asociado con impactos negativos en la reproducción de garzas (Frederick y Collopy, 1989). La disponibilidad de alimento es influenciada por los cambios en el nivel del agua; las densidades de peces se reducen cuando los niveles de agua son elevados, afectando la tasa de alimentación durante estos periodos (David, 1994). Es por eso que en niveles de agua alto se restringen los hábitats de forrajeo (Custer *et al.*, 1996). Éste es el caso de La Manzanilla, en donde las colonias se encuentran rodeadas por grandes áreas de manglar, y cuando el nivel del agua aumenta, los sitios de forrajeo de las garzas (hábitats litorales someros) se reducen considerablemente.

La presencia de dos sitios de anidación en La Manzanilla puede ser explicada por la alta densidad de individuos en condiciones reproductivas, siendo necesario el establecimiento de otros sitios de anidación alternos. El punto a considerar es si ambos sitios están conformados por individuos con características reproductivas similares, para que sean considerados como una sola colonia con las mismas probabilidades de éxito reproductivo. De acuerdo con los datos analizados, los dos sitios no fueron significativamente diferentes para las

The occurrence of two nesting sites in La Manzanilla may be due to the high density of individuals in breeding conditions, which makes it necessary to establish alternate nesting sites. What needs to be determined is whether both sites are made up of individuals with similar reproductive characteristics in order for them to be considered only one colony with similar probabilities of breeding success. According to the data analyzed, there were no significant differences between the species for both sites, except for egg size and viability of *B. virescens*.

Egg size indicates reproductive effort, and a larger size implies a larger amount of matter from the parents that is channeled into breeding (Van Tyne and Berger, 1976). It could be assumed that better-quality individuals of *B. virescens* nest at site A; however, egg viability at site B was greater. Even though differences were not observed for *C. cochlearius* between sites, site A had more nests, of which 54.5% were reused.

The date of the breeding season differs from that observed by Dickerman and Juárez (1971) in San Blas, Nayarit. They observed that the breeding season of the herons is highly correlated to the rainy season, which is when the most nests were observed. However, at La Manzanilla, the breeding season began during the dry season (April) and ended at the beginning of the rainy season (August). Notwithstanding the difference in the breeding seasons, the patterns of reproductive chronology are similar between Nayarit and La Manzanilla; the chronology of *C. cochlearius* is longer than that of *B. virescens*. The season in which reproduction occurs is characteristic of the geographic zone, and there is a certain correlation between the synchrony of the breeding seasons and latitude, due to differences in the duration and location of conditions appropriate for breeding (Immelmann, 1971). Asynchrony in the nesting periods is common between species that breed in tropical and subtropical areas, and this is because the seasons are not as well defined in these areas (Immelmann, 1971). In this manner, the phase difference observed for the breeding seasons at San Blas and La Manzanilla suggests that herons

especies; las excepciones fueron el tamaño de los huevos y la viabilidad para *B. virescens*.

El tamaño de los huevos es un indicador del esfuerzo reproductivo, dado que un mayor tamaño implica una mayor cantidad de material de los padres que es canalizada hacia la reproducción (Van Tyne y Berger, 1976). Se podría pensar que en el sitio A anidan individuos de *B. virescens* de mejor calidad; sin embargo, en el sitio B la viabilidad de los huevos fue mayor. En tanto, para *C. cochlearius*, a pesar de que no se observaron diferencias entre los sitios, el sitio A presentó un mayor número de nidos, de los cuales el 54.5% fueron reutilizados.

La fecha en que se presentó el periodo reproductivo difiere del observado por Dickerman y Juárez (1971) en San Blas, Nayarit. Ellos observaron que el periodo reproductivo de las garzas está muy relacionado con la temporada de lluvias, siendo en este periodo cuando se presentó el mayor número de nidos. Sin embargo, en La Manzanilla el periodo reproductivo inició durante la estación de secas (abril) y terminó al inicio de la estación de lluvias (agosto). A pesar de la diferencia en la época de reproducción, los patrones de cronología reproductiva fueron similares entre Nayarit y La Manzanilla, siendo la cronología de *C. cochlearius* más amplia que la de *B. virescens*. La época del año en que se presenta la reproducción es característica de la zona geográfica, existiendo cierta relación entre la sincronía de las temporadas reproductivas y la latitud, debido a diferencias en la duración y localización de condiciones propicias para la reproducción (Immelmann, 1971). Esta asincronía en los periodos de anidación es común entre las especies que se reproducen en las zonas tropicales y subtropicales, como una respuesta a una estacionalidad menos definida en estas zonas (Immelmann, 1971). De esta forma, el desfazamiento observado en la temporada de reproducción entre San Blas y La Manzanilla sugiere que las garzas poseen cierta capacidad para ajustar el momento en que se lleva a cabo la reproducción, adecuando el esfuerzo reproductivo a las condiciones predominantes durante este periodo.

are able to adjust the time when breeding takes place, and adapt the breeding effort to the predominant conditions of the period.

The relatively low value of breeding success of *C. cochlearius* and *B. virescens* can be attributed to many factors. There is some evidence of depredation of eggs and chicks by *Quiscalus mexicanus* (great-tailed grackle); some eggs had broken shells, which implies that they might have been pecked at by this bird. Another factor that may have affected breeding success is the tropical storms that occurred during the nesting season, causing partial or total destruction of the nests. The winds that blew during the rains also caused some chicks to fall into the water. Some of them drowned (documented on three occasions) and others were easy prey for predators, such as *Crocodylus acutus* that is very abundant in the area. In fact, the tropical storms were the most important cause for the breeding season to end so abruptly.

Another aspect to consider is the periodicity of the visits. The weekly interval between visits is too long, and causes a bias in the incubation period and breeding success estimates. It is for this reason that the incubation period estimated in this study is lower than that reported for *B. virescens* (20–21 days) and *C. cochlearius* (19–21 days) (Dickerman and Juárez, 1971).

Based on the results obtained here, it is not possible to precisely state if both sites have the same probability of breeding success for both species, nor if there is a preference of either of the species for one nesting site in particular. It is a fact that both species nest in the same areas, independently of the mangrove species, but *C. cochlearius* nests in the innermost areas of the vegetative cover. The position of the nests observed in a vertical sense supports the idea that herons build their nests in direct relation to the size of the bird, this is, larger birds (*C. cochlearius*) nest in higher areas and smaller birds (*B. virescens*) in lower areas (Custer *et al.*, 1996). More studies are needed that will provide information on the mechanisms for selecting nesting sites, breeding success and the

El valor relativamente bajo del éxito reproductivo de *C. cochlearius* y *B. virescens* puede atribuirse a varios factores. De algunos casos se tiene evidencia de la depredación de huevos y pollos por *Quiscalus mexicanus* (zanate mexicano); algunos huevos se observaron con rupturas en la cáscara, lo que sugiere que éstos pudieron haber sido picoteados por esta ave. Otro de los factores potenciales que influyó son las tormentas tropicales que se presentaron durante el periodo de anidación, ocasionando la destrucción parcial o total de los nidos. También los vientos que se presentaron durante las lluvias causaron que los pollos cayeran al agua, en donde algunos murieron ahogados, como se pudo documentar en tres ocasiones, y otros fueran presa fácil para los depredadores, como es el caso de *Crocodylus acutus* que abunda en la zona. De hecho, la presencia de las tormentas tropicales fue la causa más importante para que la temporada reproductiva terminara de manera repentina.

Otro aspecto a considerar es la periodicidad de las visitas. El intervalo de una semana entre visitas es demasiado tiempo, por lo que existe cierto sesgo en las estimaciones del tiempo de incubación y del éxito reproductivo. Por esta razón, el tiempo estimado de incubación en el presente estudio está por debajo de lo reportado para *B. virescens* (20–21 días) y para *C. cochlearius* (19–21 días) (Dickerman y Juárez, 1971).

Con los resultados con que se cuenta hasta el momento no es posible dar respuesta precisa si los dos sitios presentan la misma probabilidad de éxito reproductivo para ambas especies, ni si existe una preferencia de alguna de las especies por un sitio de anidación en particular. Es un hecho que ambas especies anidan en los mismos sitios, independientemente de la especie de mangle, sólo que *C. cochlearius* anida en lugares más internos de la cobertura vegetal. La posición de los nidos observada en sentido vertical, apoya la idea de que las garzas ponen sus nidos en relación directa con el tamaño del ave, es decir, las aves

principal causes of death of the herons *C. cochlearius* and *B. virescens* at La Manzanilla, since they are a common and conspicuous element of the water bird community that breeds in the area.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank F. Silva-Batiz, director of the Coastal Ecology Center; Horacio de la Cueva and Roberto Carmona for their comments on the manuscript; the CIPACTLI group of La Manzanilla, in particular Sebastián Ambriz for providing the boat; and L. Guevara, B. Durand, J.L. Rodríguez, R. Flores, A. Trejo, F. Chávez and C. Valadez for their help in the field.

English translation by Jennifer Davis.

más grandes (*C. cochlearius*) anidan más alto y las más pequeñas (*B. virescens*) en lugares más bajos (Custer *et al.*, 1996). Es evidente la necesidad de estudios que aporten un mayor número de evidencias en cuanto a los mecanismos de selección del sitio de anidación, el éxito reproductivo y las principales causas de mortalidad de las garzas *C. cochlearius* y *B. virescens* en La Manzanilla, considerando que son un elemento común y conspicuo de la comunidad de aves acuáticas que se reproduce en el área.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a F. Silva-Batiz, director del Centro de Ecología Costera; a Horacio de la Cueva y Roberto Carmona sus comentarios para mejorar el manuscrito; al grupo CIPACTLI de La Manzanilla, principalmente a Sebastián Ambriz, el haber facilitado una lancha; y a L. Guevara, B. Durand, J.L. Rodríguez, R. Flores, A. Trejo, F. Chávez y C. Valadez su apoyo en el trabajo de campo.

REFERENCIAS

- Beaver, D.L., Osborn, R.G. and Custer, T.W. (1980). Nest-site colony characteristics of wading birds in selected Atlantic coast colonies. *Wilson Bull.*, 92: 200–220.
- Becerril, F.M. y Carmona, R. (1997). Anidación de aves acuáticas en la Ensenada de La Paz, Baja California Sur, México (1992–1994). *Ciencias Marinas*, 23(2): 265–271.
- Bildstein, K.L., Bamcroft, G.T., Dugan, P.J., Gordon, D.H., Erwin, R.M., Nol, E., Payne, L.X. and Senner, S.E. (1991). Approaches to the conservation of coastal wetlands in the western hemisphere. *Wilson Bull.*, 103: 218–254.
- Binquíst, G., Acuña, R. y Meléndez, A. (1994). La avifauna costera. En: A. Toledo (coordinador), *Riqueza y Pobreza en la Costa de Chiapas y Oaxaca*. Centro de Ecología y Desarrollo, México, DF, pp. 385–471.
- Cracraft, J. (1967). On the systematic position of the boat-billed heron. *Auk*, 84: 529–533.
- Custer, T.W. and Osborn, R.G. (1978). Feeding habitat use by colonially-breeding herons, egrets, and ibises in North Carolina. *Auk*, 95: 733–743.
- Custer, T.W., Hines, R.K. and Custer, C.M. (1996). Nest initiation and clutch size of great blue herons on the Mississippi River in relation to the 1993 flood. *Condor*, 98: 181–188.
- David, P.G. (1994). Wading bird use of Lake Okeechobee relative to fluctuating water levels. *Wilson Bull.*, 106: 719–732.
- Dickerman, R.W. and Gaviño, G.T. (1969). Studies of a nesting colony of the green heron (*Butoride virescens*) at San Blas, Nayarit, Mexico. *Living Bird*, 8: 95–111.
- Dickerman, R.W. and Juárez, C.L. (1971). Nesting studies of the boat-billed heron *Cochlearius cochlearius* at San Blas, Nayarit, Mexico. *Ardea*, 59: 1–16.
- Erwin, R.M. and Custer, T.W. (1982). Estimating reproductive success in colonial waterbirds: an evaluation. *Colonial Waterbirds*, 5: 49–56.
- Frederick, P.C. and Collopy, M. (1989). Nesting success of five Ciconiiform species in relation to water conditions in the Florida Everglades. *Auk*, 106: 625–634.
- Gaviño, T.G. and Dickerman, R.W. (1972). Nestling development of green herons at San Blas, Nayarit, Mexico. *Condor*, 74: 72–79.
- Hoyt, D.F. (1979). Practical methods of estimating volume and fresh weight of bird eggs. *Auk*, 96: 73–77.
- Immelmann, K. (1971). Ecological aspects of periodic reproduction. In: D.S. Farner, J.R. King and K.C. Parker (eds.), *Avian Biology*. Vol. 1. Academic Press, New York, pp. 311–389.
- Mayfield, H.F. (1975). Suggestions for calculating nest success. *Wilson Bull.*, 83: 456–466.
- Mock, D.W. (1975). Feeding methods of the boat-billed heron: a deductive hypothesis. *Auk*, 92: 590–592.
- Van Tyne, J. and Berger, A.J. (1976). *Fundamentals of Ornithology*. John Wiley, New York, 808 pp.
- Wallace, A. (1987). *The Niche in Competition and Evolution*. John Wiley, New York, 175 pp.
- Yáñez-Arancibia, A. (1986). *Ecología de la Zona Costera: Análisis de Siete Tópicos*. AGT Editor, México, DF, 189 pp.