

**VARIACIÓN ESTACIONAL DE LOS  
PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS, HEMOGASODINÁMICOS,  
ÁCIDO-BÁSICOS Y ELECTROLÍTICOS EN EL CORMORÁN  
(*PHALACROCORAX BRASILIANUS*)**

RENNY ALZOLA-CHIRAMO<sup>1</sup>, JORGE MUÑOZ-GIL<sup>2</sup>, GEDIO MARÍN-ESPINOZA<sup>3</sup>,  
ANTULIO PRIETO-ARCAS<sup>3</sup> Y (†) JOSÉ ANDRADE-VIGO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Biología, Núcleo de Bolívar, Universidad de Oriente*

<sup>2</sup>*Centro de Investigaciones Ecológicas Guayacán, Universidad de Oriente*

<sup>3</sup>*Departamento de Biología, Núcleo de Sucre, Universidad de Oriente,  
Cumaná, Estado Sucre, Venezuela*

*Autor de correspondencia: gediom@hotmail.com*

**Resumen.** Con la finalidad de conocer el funcionamiento y conducta en su hábitat natural, se realizó una valoración de parámetros hematológicos (hemoglobina, hematocrito, conteo globular), hematimétricos (VCM, HbCM, CHbCM), electrolíticos ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$ ), hemogasodinámicos y ácido-básicos (pH,  $\text{H}^+$ ,  $\text{OH}^-$ ), en 40 individuos de cormorán (*Phalacrocorax brasilianus*), capturadas en una laguna marino-costera tropical, estado Sucre, Venezuela, durante los períodos de sequía (SE), transición sequía-lluvia (SL), lluvia (LL) y transición lluvia-sequía (LS). Se midieron variables ambientales del entorno (temperatura y pluviosidad) y en el agua (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto). La extracción de la sangre se hizo por punción cardíaca directa y para los electrolitos intramusculares se tomó una porción de músculo pectoral. La temperatura del aire tuvo poca fluctuación; mientras en el entorno acuático, sólo la temperatura y oxígeno disuelto acusaron diferencias ostensibles. Los valores hematológicos promedio (GR, Hb, Hto, GB, VCM y HbCM) no presentaron diferencias significativas, pero sí el CHbCM con diferencias altamente significativas, mostrando los mayores valores en el período SE. Se observaron diferencias muy significativas para el  $\text{Na}^+$  y significativas para el  $\text{Mg}^{+2}$ , no así para el  $\text{K}^+$  y el  $\text{Ca}^{+2}$ . A excepción del  $\text{Mg}^{+2}$ , los valores promedio de la mayoría de los iones analizados, independientemente del nivel de significación en el ANOVA, tendieron a ser mayores durante el período SE, relacionado probablemente con los procesos reproductivos de la especie en esta época. *Recibido: 12 agosto 2008, aceptado: 10 marzo 2009.*

**Palabras clave.** *Phalacrocorax brasilianus*, parámetros hematológicos, variación estacional, parámetros hemogasodinámicos, parámetros electrolíticos, parámetros acidobásicos, Aves, Sucre, Venezuela.

SEASONAL VARIATION IN HEMATOLOGICAL, BLOOD GAS,  
ACID-BASE, AND ELECTROLYTIC VARIABLES IN NEOTROPIC  
CORMORANTS (*PHALACROCORAX BRASILIANUS*)

*Abstract.* To better know the functioning and behavior of Olivaceous Cormorants (*Phalacrocorax brasilianus*) in their natural habitat, we evaluated hematological (hemoglobin, hematocrit, cell count), hemati-metric (CMV, HbMC, HbCMC), electrolytic ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$ ), blood gas, and acid-base (pH,  $\text{H}^+$ ,  $\text{OH}^-$ ) parameters in 40 ind. All birds were collected in a tropical marine-coastal lagoon, in Sucre State, Venezuela, during the dry, dry-rainy transition, rainy, and rainy-dry transition seasons. Air temperature and precipitation were measured, as well as temperature, salinity and dissolved oxygen of water. Blood extraction was done by direct heart puncture, and pectoral muscle was used to measure intramuscular electrolytes. Mean air temperature varied little, but water temperature and dissolved oxygen differed seasonally. Mean seasonal hematological values (RG, Hb, Hto, WG, CMV, and CMHb) presented no significant differences, except for HbCMC, which showed highly significant differences, with highest values in the dry season.  $\text{Na}^+$  showed highly significant and  $\text{Mg}^{2+}$  showed significant differences, but  $\text{K}^+$  and  $\text{Ca}^{2+}$  showed no seasonal differences. Except for  $\text{Mg}^{2+}$ , mean values for most ions tended to be higher in the dry season, regardless of the significance level shown by the ANOVA, suggesting that these results may be associated with reproductive activities during this period. *Received: 12 August 2008, accepted: 10 March 2009.*

*Key words.* *Phalacrocorax brasilianus*, hematological variables, seasonal variation, blood gas analysis, electrolytic variables, acid-base variables, Aves, Sucre, Venezuela.

## INTRODUCCIÓN

Los cormoranes (Pelecaniformes: Phalacrocoracidae) son aves acuáticas pescadoras, que capturan sus presas durante la inmersión. Frecuentan las aguas costeras y del interior, teniendo distribución cosmopolita y una amplia estratificación altitudinal (Orta 1992). En Venezuela sólo se registra una especie de cormorán (*Phalacrocorax brasilianus*), la cual se distribuye a lo largo de las costas y principales ríos de Venezuela (Phelps, Jr. y Meyer de Schauensee 1994).

A pesar de que en Venezuela se tienen datos en esta especie sobre dieta, distribución, reproducción y presencia de metales pesados (Gil de Weir 2001, Rodríguez y Lentino 2002, Hilty 2003, Pirela y Casler 2005, Muñoz *et al.* en imprenta), no existe ninguno sobre la ecofisiología sanguínea que permita interpretar su modo de vida y su plasticidad adaptativa.

Los parámetros sanguíneos son de gran utilidad, ya que mediante su cuantificación se logra conocer el estado de salud del organismo, debido a la capacidad que tiene la sangre de interrelacionar con los diferentes órganos y tejidos, ya que entra en contacto con todos ellos a través de la red cardiovascular (Fourie y Hatting 1980).

Las aves se caracterizan por mantener una elevada constancia de sus fluidos corporales, incluyendo su balance acidobásico, representando esta constancia relativa de pH extracelular, un aspecto limitado de este sistema y dependiente de la temperatura, la cual es favorecida por la homeotermia que presentan las aves, y controlada por amortiguadores acidobásicos, mecanismo respiratorio, hemoglobina y regulación renal, siendo los metabolitos ácidos amortiguados en los tejidos, hasta que ellos son eliminados por las superficies respiratorias y el mecanismo renal (Belmar *et. al.* 1997, Randall *et. al.* 1998).

Desde hace unas dos décadas, los cormoranes vienen acarreado pérdidas significativas en la comercialización de productos acuícolas en muchos países; el aumento de su ocurrencia ha aparecido concomitantemente con el crecimiento de algunas industrias. En Venezuela, Rodríguez y Lentino (2002) determinaron la dieta de *P. brasiliensis*, en las poblaciones que invaden las granjas camaroneras del estado Anzoátegui, y los camarones constituyeron el 88% del total de las presas consumidas. Ello ha conducido a que los empresarios hayan iniciado campañas sistemáticas de eliminación de *P. brasiliensis* en los centros de producción, sin la supervisión ambiental adecuada, lo que pudiera provocar un éxodo y/o disminución paulatina de sus poblaciones, y, por ende, alteraciones de la dinámica de las tramas tróficas en los humedales costeros nororientales venezolanos.

Por otro lado, la inminente explotación gasífera y petrolífera en la plataforma caribe y atlántica de los mares de la península de Paria, del estado Sucre, ubicada dentro del ámbito de distribución de las poblaciones de este cormorán, pudiera hacer de *P. brasiliensis* una especie centinela por excelencia en estudios de monitoreo de impacto ambiental.

Basado en lo anteriormente expuesto, se ha estimado de importancia desarrollar el presente estudio con el fin de aportar datos de interés ecofisiológico, como investigación de base que contribuiría a conocer el funcionamiento y comportamiento en su hábitat natural, del cormorán *P. brasiliensis*, que le permiten adaptarse fisiológicamente a las condiciones ambientales de su entorno.

## MATERIALES Y MÉTODOS

## ÁREA DE ESTUDIO

Las capturas se realizaron en el complejo lagunar Chacopata-Bocaripo ( $10^{\circ}40'$  N y  $63^{\circ}48'$  O), al noreste de la península de Araya, estado Sucre (Fig. 1). Este cuerpo de agua es hipersalino y está bordeado por vegetación manglar

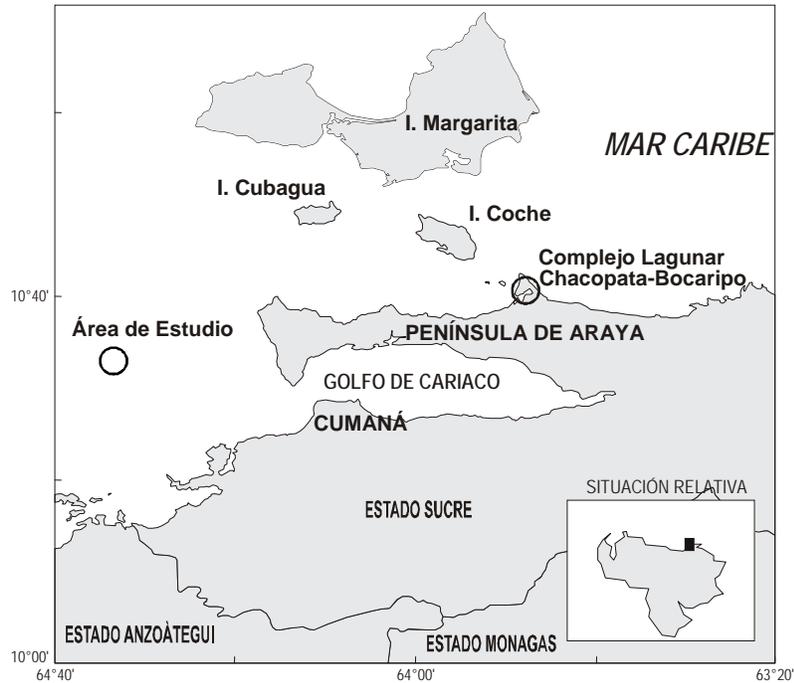


Figura 1. Área de Estudio: Complejo Lagunar Chacopata-Bocaripo, península de Araya, estado Sucre, Venezuela.

(mayoritariamente *Avicennia germinans*), y una franja de vegetación psamohalófila en sus riberas (e.g., *Sesuvium portulacastrum*; *Salicornia fruticosa* y *Batis maritima*); fisiográficamente caracterizada dentro de la subregión continental costera, i.e., 0 y 100 msnm, TMA > 28 °C, PMA entre 300 y 1.000 mm (Huber 1997); tipificada por una vegetación de tipo monte espinoso tropical, donde predomina el arbustal xerófilo (Cumana 1999).

## TOMA DE MUESTRAS

Los ejemplares de *P. brasiliensis* fueron capturados a razón de 10 para cada período, esto es: enero, febrero, marzo y abril: sequía (SE); mayo y junio: transición sequía-lluvia (SL); julio, agosto, septiembre, octubre y principio de noviembre: lluvia (LL); finales de noviembre y diciembre: transición lluvia-sequía (LS).

Se seleccionaron ejemplares adultos de ambos sexos, de aproximadamente 1,800 kg. Las capturas se realizaron con redes de niebla (32 mm de abertura de malla de 9 y 12 m de largo). Los ejemplares se trasladaron vivos al laboratorio del Centro de Investigaciones Ecológicas Guayacán, aledaño a la laguna, y fueron colocados en jaulas acondicionadas (un máximo de 30 min) hasta el momento de la experimentación.

Simultáneamente, en cada período, se realizaron determinaciones *in situ* de temperatura y pluviosidad, y de parámetros fisicoquímicos del agua, tales como, salinidad (refractómetro manual Atago modelo s/mill de 0–100% de apreciación), pH (pHmetro Hanna Instrumental, modelo HI 8314) y temperatura del agua (termómetro digital Cole-Palmer) con el fin de relacionarlos con los parámetros hematológicos analizados.

La extracción de sangre luego de la captura se realizó por punción cardíaca directa, utilizando jeringas hipodérmicas impregnadas con el anticoagulante heparina, y trasegadas a tubos eppendorf. Para los electrolitos se tomó una porción de músculo pectoral. Seguidamente se procedió a determinar los gases sanguíneos y los parámetros hematológicos. La fracción tomada para gases sanguíneos fue conservada en cavas refrigeradas y leídas antes de los 20 min posterior a la extracción. El resto se centrifugó a 3.000 rpm, durante 15 min, en una centrífuga Dynac Clay-Adams. El plasma se separó por aspiración al vacío con una pipeta Pasteur y seguidamente se colocó en tubos limpios heparinizados para ser refrigerados a 4 °C hasta el momento de realizar la determinación de los iones presentes en el plasma: sodio ( $\text{Na}^+$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ), cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ).

## HEMATOLOGÍA

La concentración de hemoglobina (Hb) fue cuantificada por el método de la cianometahemoglobina (Merck 1972), utilizando solución Drabkin. Las lecturas se realizaron en un espectrofotómetro Spectronic 20, a una longitud de onda de 540 nm. El hematocrito (Hto) se determinó en tubos capilares previamente heparinizados, centrifugando a 7.000 rpm durante 5 min, en una microcentrífuga para hematocrito. El conteo globular -glóbulos rojos (GR) y

glóbulos blancos (GB)- se realizó por conteo directo utilizando la cámara de Neubauer modificada (Fisher 1958).

Los índices hematimétricos, a saber: volumen corpuscular medio (VCM), hemoglobina corpuscular media (HbCM) y concentración de hemoglobina corpuscular media (CHbCM) fueron calculados según las fórmulas propuestas por Fisher (1958) y Castejón *et al.* (1970).

#### ELECTROLITOS

Los iones  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$  se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica por llama utilizando un fotómetro de lectura directa Corning 410. Para ello, las muestras se diluyeron en una proporción 1:200 antes de realizar las lecturas fotométricas según la metodología propuesta por Belmar y Rey de Viñas (1971). El ión  $\text{Cl}^-$  fue determinado por titulación mercurimétrica de acuerdo al método descrito por Scribner y Belding (1950).

#### HEMOGASODINAMIA

La determinación gasométrica se realizó con un microanalizador de pH y gases sanguíneos Ciba-Corning, modelo 238, el cual consta de electrodos sensibles de pH,  $\text{PCO}_2$  y  $\text{PO}_2$ , que permiten calcular la concentración de  $\text{HCO}_3^-$ , exceso de base y porcentaje de saturación de oxígeno mediante circuitos computarizados. Para realizar los análisis se incluyen en el equipo los valores de hemoglobina y temperatura corporal al momento de la obtención de la muestra y la presión atmosférica habitual del laboratorio (760 mm Hg).

#### ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Los resultados obtenidos de los parámetros hematológicos, electrolíticos y gases sanguíneos fueron sometidos a un análisis de variancia (ANOVA) sencillo para determinar variación estacional. Además se realizó una prueba *a posteriori* de Duncan (Sokal y Rohlf 1979, Steel y Torrie 1988). Todos los análisis estadísticos fueron realizados a un nivel de confiabilidad de 95%.

### RESULTADOS

#### TEMPERATURA Y PLUVIOSIDAD

La temperatura del aire tuvo poca fluctuación, observándose los máximos valores en los meses de abril, mayo y junio 2003 y abril-mayo 2004 (Fig. 2). En cambio, para la pluviosidad se pudo determinar, claramente, los períodos de LL, LS, SE y SL, los cuales presentaron un comportamiento cíclico, y relativamente bien definidos los meses correspondientes a cada período.

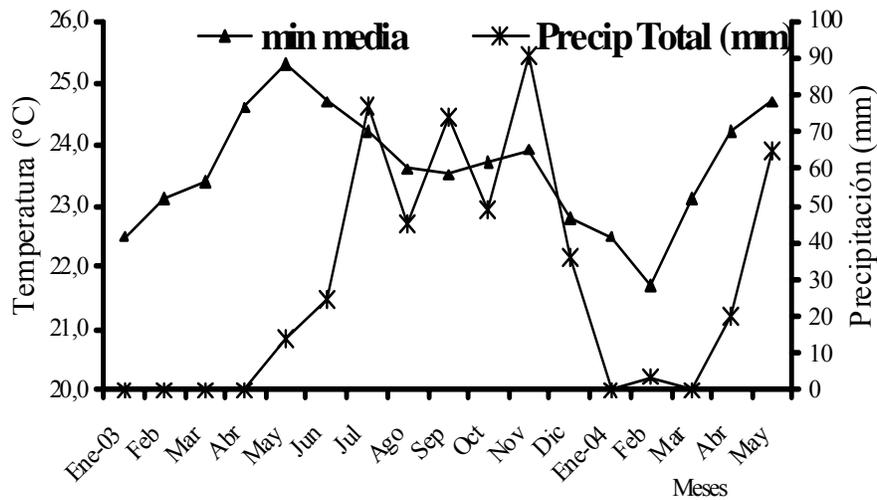


Figura 2. Resumen anual de la temperatura (°C) promedio del aire y la pluviosidad total (mm), en el complejo lagunar Chacopata-Bocaripo, Península de Araya, estado Sucre. Fuente: Servicio de Meteorología, Sistema CLICOM.

#### PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA

En el entorno acuático, sólo la temperatura y oxígeno disuelto acusaron diferencias considerables; en la salinidad y el pH no se dieron cambios sustanciales. La temperatura del agua mostró un marcado patrón de comportamiento que delimitó el período SE con la temperatura promedio más baja (Tabla 1). En el presente estudio se obtuvo una variación significativa de los valores de temperatura del agua ( $P < 0,05$ ), encontrándose a través de la prueba *a posteriori* de Duncan que el período SE presentaba los menores registros promedio (28,7 °C).

Los valores obtenidos de oxígeno disuelto presentaron diferencias altamente significativas ( $P < 0,001$ ), reflejándose a través de la Duncan la conformación de tres grupos. Los mayores valores promedios los presentó el grupo conformado por los períodos SL y SE (Tabla 1).

La salinidad y el pH no presentaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ), observándose un ligero incremento de la salinidad y el pH promedio durante el período LL (Tabla 1).

Tabla 1. Resumen de los valores ambientales (promedio  $\pm$  DE) en los diferentes períodos de muestreo en el complejo lagunar Chacopata-Bocaripo, Península de Araya, estado Sucre.

	SE	SL	Ll	LS	Fs
Temp. Agua					
	28,73 $\pm$ 1,26	30,45 $\pm$ 1,26	31,38 $\pm$ 1,34	30,95 $\pm$ 1,27	*
O <sub>2</sub> Disuelto					
	10,63 $\pm$ 0,86	8,68 $\pm$ 4,61	6,43 $\pm$ 2,30	4,77 $\pm$ 2,15	***
Salinidad					
	39,80 $\pm$ 1,20	40,25 $\pm$ 1,26	41,6 $\pm$ 2,30	40,50 $\pm$ 0,58	ns
pH					
	7,81 $\pm$ 0,68	7,86 $\pm$ 0,59	8,36 $\pm$ 0,7	7,96 $\pm$ 0,69	ns

\*Significativo ( $P < 0,05$ ), \*\*\*altamente significativo ( $P < 0,001$ ), ns = no significativo ( $P > 0,05$ ).

#### PARÁMETROS FISIOLÓGICOS DEL AVE

*Temperatura corporal:* Los valores promedio de temperatura corporal no arrojaron diferencias significativas entre períodos (Tabla 2).

#### VALORACIÓN HEMATOLÓGICA

Los valores hematológicos promedio obtenidos en el presente estudio para los GR, Hb, Hto y GB no presentaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ). Los menores valores promedio de GR, GB y Hto se presentaron en el período SE, coincidentalmente el período de menor valor promedio de temperatura del agua, y los de Hb en el de LL, el período de mayor promedio de temperatura del agua (Tablas 1 y 2).

#### VALORACIÓN HEMATIMÉTRICA

En general, el VCM y el HbCM no mostraron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ), con excepción del CHbCM ( $< 0,001$ ), encontrándose, con la prueba *a posteriori* de Duncan, los mayores valores promedios en el período SE (Tabla 2).

Tabla 2. Resumen de los valores hematológicos y temperatura corporal (promedio  $\pm$  DE) de *Phalacrocorax brasilianus*, en los diferentes períodos de muestreo en el complejo lagunar Chacopata-Bocaripo, Península de Araya, estado Sucre.

	SE	SL	LI	LS	Fs
Temp. Corp.	39,7 $\pm$ 1,0	39,9 $\pm$ 1,2	39,6 $\pm$ 0,7	41,60 $\pm$ 0,9	ns
GR	5,10 $\pm$ 1,2	5,3 $\pm$ 0,9	5,41 $\pm$ 1,7	5,25 $\pm$ 1,4	ns
GB	6937 $\pm$ 1532	7322 $\pm$ 1200	7055 $\pm$ 985	7785 $\pm$ 1150	ns
Hb	16,0 $\pm$ 0,9	15,1 $\pm$ 0,4	14,4 $\pm$ 1,3	14,9 $\pm$ 2,4	ns
Hto	42,5 $\pm$ 3,2	43,2 $\pm$ 2,4	47,8 $\pm$ 1,5	45,5 $\pm$ 3,5	ns
VCM	88,37 $\pm$ 2,4	86 $\pm$ 1,7	82,73 $\pm$ 1,8	85 $\pm$ 2,0	ns
HbCM	29,62 $\pm$ 1,3	28,65 $\pm$ 1,2	28,0 $\pm$ 0,8	28,3 $\pm$ 0,9	ns
CHbCM	33,55 $\pm$ 1,04	31,25 $\pm$ 0,97	29,53 $\pm$ 0,65	30,20 $\pm$ 0,81	***

\*\*\*Altamente significativo ( $P < 0,001$ ), ns = no significativo ( $P > 0,05$ ).

#### VALORACIÓN ELECTROLÍTICA

Para el  $\text{Na}^+$  y el  $\text{Mg}^{+2}$  se presentaron diferencias muy significativas ( $P < 0,01$ ) y significativas ( $P < 0,05$ ), respectivamente; mientras que para el  $\text{K}^+$  y el  $\text{Ca}^{2+}$  no se presentaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ). Los mayores valores promedios para  $\text{Na}^+$  y  $\text{Mg}^{+2}$  se establecieron en los períodos de SE y LL, respectivamente (Tabla 3).

En contraposición a los valores obtenidos en los demás electrolitos, el  $\text{Mg}^{+2}$  mostró sus máximos valores en el período LL. El catión  $\text{K}^+$ , a diferencia del  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$ , no presentó diferencias significativas ( $P > 0,05$ ), pero sí mostró los mayores valores en el período SE (Tabla 3), al igual que los iones  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$ . En esta investigación no se observaron diferencias significativas estacionales ( $P > 0,05$ ) para el  $\text{Ca}^{+2}$ , aunque alcanzó sus máximos valores promedio en el período SE (Tabla 3). Los parámetros de gases sanguíneos tampoco presentaron diferencias significativas (Tabla 4).

Tabla 3. Resumen de los valores electrolíticos (promedio  $\pm$  DE) de *Phalacrocorax brasilianus*, en los diferentes períodos de muestreo en el complejo lagunar Chacopata- Bocaripo, Península de Araya, estado Sucre.

	SE	SL	LI	LS	Fs
Na <sup>+</sup>	298,50 $\pm$ 44,79	278,35 $\pm$ 47,38	263,0 $\pm$ 10,28	226,33 $\pm$ 33,22	**
Cl <sup>-</sup>	223,88 $\pm$ 33,60	215,18 $\pm$ 31,48	197,43 $\pm$ 7,52	170,0 $\pm$ 24,80	**
Mg <sup>+2</sup>	1,24 $\pm$ 0,13	1,07 $\pm$ 0,09	1,38 $\pm$ 0,24	1,11 $\pm$ 0,06	**
K <sup>+</sup>	4,77 $\pm$ 1,03	4,84 $\pm$ 0,4	5,20 $\pm$ 0,75	4,97 $\pm$ 0,27	ns
Ca <sup>+2</sup>	2,59 $\pm$ 0,8	2,51 $\pm$ 0,37	2,31 $\pm$ 0,34	2,34 $\pm$ 0,39	ns

\*\*Muy significativo ( $P < 0,01$ ), ns = no significativo ( $P > 0,05$ ).

Tabla 4. Resumen de los valores de gases sanguíneos de *Phalacrocorax brasilianus*, en los diferentes períodos de muestreo en la laguna de Bocaripo, de la localidad de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre.

	SE	SL	LI	LS	Fs
pH	7,35 $\pm$ 0,2	7,44 $\pm$ 0,10	7,48 $\pm$ 0,09	7,53 $\pm$ 0,20	ns
PCO <sub>2</sub>	41,83 $\pm$ 1,89	39,5 $\pm$ 0,70	39,5 $\pm$ 0,90	38,0 $\pm$ 1,20	ns
PO <sub>2</sub>	61,20 $\pm$ 2,3	62,4 $\pm$ 1,90	62,6 $\pm$ 1,30	62,8 $\pm$ 1,48	ns

ns = no significativo ( $P > 0,05$ ).

## DISCUSIÓN

Los resultados de temperatura y pluviosidad se ajustan al fenómeno de surgencia en la región, el cual ocurre con mayor intensidad durante este período, y no es sino la renovación o desplazamiento por convección de las aguas calientes de la superficie por aguas frías debido a las corrientes ascendentes del fondo y acción de los vientos. Los valores obtenidos en este estudio difieren de los presentados por Tineo (2002), quien encontró poca

variación, debido tal vez a la cercanía entre sus estaciones y a que trabajó en aguas someras donde la oscilación de temperatura es más moderada.

A pesar de la gran cantidad de materia orgánica existente en la zona aportadas, en gran parte, por los abundantes detritos provenientes de los manglares que bordean el complejo lagunar, los valores de pH fueron ligeramente básicos, debido, parcialmente, al lavado de los suelos hipersalinos por la acción de las aguas de escorrentía que drenan hasta la laguna.

En general, los valores de temperatura corporal fueron superiores a los señalados para el orden Pelecaniformes por Prezinger *et al.* (1991), estando el ave en fase de reposo ( $37,9 \pm 0,73$ ) y a los registrados para los cormoranes *P. neglectus* y *P. atriceps* (Bevan *et al.* 1995, Wilson y Gremillet 1996). En cambio, estuvieron dentro de los márgenes registrados para los cormoranes *P. auritus* y *P. carbo carbo* (Gremillet *et al.* 1998). En algunas aves la escasez de alimento o el estrés por las bajas temperaturas puede traducirse en un marcado descenso de la temperatura corporal; eventualmente, ello puede inducir a situaciones de torpidez o diapausa obligada (Randall *et al.* 1998).

Los valores hematológicos promedio obtenidos en los diferentes períodos en *P. brasilianus* están por encima de los obtenidos para la paloma maraquita, *C. squammata*, la codorniz, *C. c. japonicus*, la guinea, *Numidia meleagris* y, sobre todo, para el cormorán *Leucocarbo fuscescens* (Fourie y Hatting 1980, Melrose y Nicol 1992, Alzola 1998). En cambio, coinciden con los obtenidos, en condiciones ambientales por Elliot *et al.* (1974), Fourie y Hatting (1980), Gee *et al.* (1981) y Lavin *et al.* (1992), en rapaces, en donde los glóbulos rojos y la hemoglobina experimentaron variación en las distintas estaciones del año dependiendo de la disponibilidad de alimento y la actividad desplegada por el ave.

Estos resultados se relacionan con los postulados establecidos en la fisiología en donde se establece que la unión o la afinidad hemoglobina-oxígeno es lábil y depende de las condiciones del interior del eritrocito, reduciéndose dicha afinidad cuando se eleva la temperatura (Melrose y Nicol 1992).

Los valores del Hto coinciden con los valores obtenidos en los gaviñanos *Rostrhamus sociabilis* (Gee *et al.* 1981) y *Circus aeruginosus* (Lavin *et al.* 1992). Puerta *et al.* (1995) señalaron que en el gorrión doméstico (*Passer domesticus*) se establecen los mayores valores del Hto al final de la estación de verano, aduciendo que la aclimatación por tiempo prolongado con incremento en la luminosidad y la alta actividad física promueve un aumento de los

parámetros hematológicos. No obstante, las pequeñas variaciones podrían deberse al estado de salud de las aves y al estrés experimental causado por la manipulación, el cual puede causar cambios hematológicos. De hecho, Polo *et al.* (1994) alegan que los niveles de GB pueden variar considerablemente, aun en especies de la misma familia, dependiendo de la metodología utilizada para su análisis o debido a patologías.

En cuanto a los índices hematimétricos, los valores de HbCM son superiores a los obtenidos, en condiciones basales, en el flamenco (*Phoenicopterus ruber*) y en *P. domesticus* (Puerta *et al.* 1992, Puerta *et al.* 1995), e inferiores a los registrados por Alonso *et al.* (1991) en la cigüeña blanca (*Ciconia ciconia*). Estos hallazgos pudieran interpretarse como una adaptación fisiológica que le permitiría a *P. brasiliensis* incrementar la cantidad de hemoglobina por glóbulo y así mejorar la captación de oxígeno, manteniendo entonces una tasa metabólica adecuada al período SE, cuando se disparan los eventos reproductivos, lo cual demanda un mayor ritmo de actividad circadiano.

En general, los valores promedio de los electrolitos están por encima del obtenido para el cormorán *L. fuscescens* (Melrose y Nicol 1992). En el caso del  $\text{Na}^+$  pudiera explicarse, en parte, por el aumento de la actividad circadiana, debido a que en el período SE se desarrollan los eventos reproductivos, que incluyen hiperfagia, competencia y migración. Por otro lado, la manera habitual de alimentarse de los cormoranes, atrapando su presas mediante inmersiones (Orta 1992), permite el paso masivo de agua salada junto con el alimento; por ello, este tipo de aves posee una glándula salina que coadyuva en la secreción del exceso de sal para poder mantener un balance osmótico adecuado, de tal manera que el incremento en la secreción de sal se asociaría al aumento de la actividad  $\text{ATPase Na}^+/\text{K}^+$  a nivel de la membrana basolateral de las células tubulares de la glándula (Randall *et al.* 1998). En estos resultados se puede ratificar la relación existente entre los niveles de  $\text{Na}^+$  circulante y  $\text{Cl}^-$  extracelular, en el sentido de que a mayor reabsorción de  $\text{Na}^+$ , a nivel de los túbulos renales, mayor es la reabsorción de  $\text{Cl}^-$ , por ser un anión acompañante. La deficiencia de  $\text{Cl}^-$  en el líquido extracelular facilita, a nivel renal, el establecimiento de mecanismos que permiten la incorporación de este ión a través del proceso reabsortivo de  $\text{Na}^+$ , reestableciéndose así la osmolaridad del líquido extracelular (Guerci 1988).

Los valores obtenidos de  $\text{Mg}^{+2}$  en este estudio son superiores a los obtenidos por Melrose y Nicol (1992) en *L. fuscescens*. El menor valor alcanzado durante el período SE pudiera obedecer a que el magnesio es un

elemento necesario para la formación de la cáscara del huevo (Carey 1983), y en este período tiene lugar la anidación, lo que supone una demanda considerable de este elemento, y explicaría, en parte, ese descenso sustancial del magnesio sanguíneo. La excreción de  $Mg^{+2}$  y su concentración plasmática se ven afectados por la actividad glandular; de hecho, una disminución de la actividad genera una baja en la síntesis y secreción de aldosterona, lo que provoca un aumento de la concentración plasmática de  $Mg^{+2}$ . Tal pronunciamiento confirma la influencia de la aldosterona sobre la excreción y absorción del  $Mg^{+2}$  en el organismo (Herrera 1993).

El cation  $K^{+}$  es de vital importancia en el control del volumen y composición del líquido extracelular, así como también en la transmisión de las señales nerviosas y contracción muscular (Herrera 1993). Los resultados del cation  $K^{+}$ , independientes o combinados, confirmarían la existencia de un mecanismo de intercambio catiónico al nivel de los túbulos renales, en el cual se establece que una mayor reabsorción de los iones  $Na^{+}$  se acompaña de una mayor excreción de  $K^{+}$ , por medio de la bomba sodio-potasio, y que puede estar influenciada por una liberación de aldosterona, producto de la mayor actividad de la corteza suprarrenal donde la excreción renal del  $K^{+}$  es filtrada en el glomérulo y reabsorbida en gran parte en los segmentos proximales, excretándose a nivel distal (Rosenberg y Hurwitz 1987, Guerci 1988, Randall *et. al.* 1998).

En cuanto al catión  $Ca^{+2}$ , se sabe que es un electrolito extracelular y su excreción renal está regulada por numerosos factores y glándulas, entre las que destaca la glándula suprarrenal. Este catión facilita el acoplamiento del complejo hormona-receptor en la membrana plasmática de las células adrenocorticales y promueve la producción de esteroides suprarrenales (Fakunding *et al.* 1979). Pablos *et al.* (1995) determinaron que en aves sometidas a predominio de luz se da un aumento en la concentración del calcio plasmático, mediado por el bloqueo de los canales de calcio dependientes de voltaje. Esta aseveración no aplica para esta investigación debido a la poca variabilidad en la duración del día o luminosidad diaria típica de los trópicos.

En relación a los parámetros implicados en el control ácido-básico de la sangre, llama la atención, en primer lugar, la similitud de los valores promedios de pH, cuyo valor fue de  $\sim 7,4$ , similar a los determinados para la mayoría de los mamíferos, incluida la especie humana (Guyton 1976). Sin embargo, los valores de pH hallados para los períodos SE y SL fueron ligeramente superiores a los obtenidos por Urbaneja y Belmar (1983) y Belmar y de Belmar (1984).

En general, los vertebrados, especialmente las aves y los mamíferos, se caracterizan por mantener una elevada constancia de sus fluidos corporales, incluyendo su balance acidobásico. Este balance es un proceso complejo en el cual participan diferentes factores, principalmente la concentración de los iones hidrogeniones ( $H^+$ ), presión parcial de bióxido de carbono ( $PCO_2$ ) y la concentración de iones bicarbonatos, presentando cada uno de ellos un modo de acción particular, pero presentan entre sí importantes interdependencias para mantener el pH dentro de los límites normales compatibles con la vida animal (Goldstein 1981).

En suma, es posible inferir que el pH sanguíneo está íntimamente relacionado con la actividad física desarrollada tanto para mantenerse activo durante los vuelos e inmersiones subacuáticas que realiza para obtener su alimento como para mantener la homeostasis corporal debido a la temperatura ambiental más baja en el medio líquido. Por otro lado, el hecho de que los peces constituyan su alimento principal (Orta *et al.* 1992) genera, normalmente, un ingreso neto de ácido; por consiguiente, el efecto combinado de la alimentación y los costos metabólicos es una ligera producción de ácido (Randall *et al.* 1998), la cual se vería reflejada en los valores de pH. En este sentido, los costos energéticos durante el período SE serían mayores debido a la mayor actividad y consumo de alimento durante este período por la reproducción.

Los iones  $H^+$  y  $OH^-$  son importantes en los sistemas biológicos porque los protones son libres para moverse desde el  $H_3O^+$  y asociarse con grupos cargados negativamente, y por tanto neutralizarlos. Esta capacidad de neutralización es especialmente importante en los aminoácidos y las proteínas, que son moléculas anfotéricas. Los cambios de pH afectan a la ionización de los grupos básicos y ácidos de las enzimas y otras moléculas biológicas. Por ello, el pH de los líquidos intra y extracelulares debe mantenerse entre los límites estrechos en los que se han formado los sistemas enzimáticos (Randall *et al.* 1998).

En retrospectiva, algunos de estos resultados parecen confirmar que las distintas condiciones físicas que caracterizan el entorno y modo de vida de las aves tienen implicaciones directas sobre su fisiología, las cuales se ven manifestadas no sólo por cambios morfológicos externos, sino también por las complejas respuestas estacionales a nivel celular y bioquímico (Walsberg 1983, Sturkie 1986).

## AGRADECIMIENTOS

Al Postgrado en Biología Aplicada, de la Universidad de Oriente. Al Centro de Investigaciones Ecológicas de Guayacán, Universidad de Oriente. A la memoria del colega José Andrade Vigo.

## LITERATURA CITADA

- ALONSO, J, V. HUECOS, S. ALONSO, M. ABELENDA, A. MUÑOZ Y M. PUERTA. 1991. Hematology and blood chemistry of adult White Storks (*Ciconia ciconia*). Comp. Biochem. Physiol. 98A: 395–397.
- ALZOLA, R. 1998. Efectos de fotoperíodos artificiales sobre la actividad de la tiroides, parámetros hematológicos y lípidos totales en la codorniz *Coturnix coturnix japonicus*. Trabajo de Grado, Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná, Venezuela, 42 pp.
- BELMAR, M., J. ARMAS, D. BELMAR, W. RIVEROS, S. YEGRES Y G. CARRILLO. 1997. Mecanismos de regulación acidobásica en algunos vertebrados e invertebrados del oriente de Venezuela. Bol. Inst. Oceanogr. 36(1 y 2): 37–43.
- BELMAR, M. Y J. REY DE VIÑAS. 1971. Temperatura corporal y catecolaminas. Ann. Real Acad. Farmac. 37(2): 257–280.
- BELMAR, M. Y W. DE BELMAR. 1984. Regulación acidobásica en algunos vertebrados e invertebrados del oriente de Venezuela. Acta Cient. Venezolana 35(1): 222–225.
- BEVAN, M., I. BOYD, P. BUTLER, K. REID Y A. WOAKES. 1995. Cardiovascular and thermoregulatory adjustments associated with flying and diving in the free-ranging Blue-eye Shag. *Phalacrocorax atriceps*. J. Physiol. 483: 193.
- CAREY, C. 1983. Structure and function of avian eggs. Current Ornithology 1: 69–103.
- CASTEJÓN, F., A. FRAILE Y F. PONZ. 1970. Fundamentos de la fisiología animal. Universidad Navarra, S. A., Pamplona, España.
- CUMANA, L. J. 1999. Caracterización de las formaciones vegetales de la península de Araya, estado Sucre, Venezuela. Saber 11(1):7–16.
- ELLIOT, R., E. SMITH Y M. BUSH. 1974. Preliminary report on hematology of birds of prey. J. Zool. Anim. Med. 5: 11–19.
- FAKUNDING, J., R. CHOW Y K. CATT. 1979. The role of calcium in the stimulation of aldosterone production by adrenocorticotropin, angiotensin II and potassium in isolated glomerulosa cell. Endocrinol. 105(2): 327–333.
- FISHER, A. 1958. Laboratorio. Análisis Clínico (6 ed.). Editorial El Ateneo. Buenos Aires, Argentina.
- FOURIE, F. Y C. HATTING. 1980. Variability in bird hematology. Comp. Biochem. Physiol. 65: 147–150.
- GEE, G., J. CARPENTER Y G. HEUSLER. 1981. Species differences in hematological values of captives cranes, geese, raptor and quail. J. Wildlife Management 45: 463–481.
- GIL DE WEIR, K. 2001. Abundancia y dieta de la Cotúa Olivácea (*Phalacrocorax olivaceus*) en el Refugio de Fauna Silvestre y Reserva de Pesca Cienaga de Los

- Olivitos. Tesis de Magister Scientiarum, Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela, 80 pp.
- GOLDSTEIN, L. 1981. Fisiología comparada. Nueva Editorial Interamericana, D. F., México.
- GRÉMILLET, D., I. TUSCHY Y M. KIERSPEL. 1998. Body temperature and insulation in diving Great Cormorant and European Shags. *Functional Ecology* 12: 386–394.
- GUERCI, A. 1988. Laboratorio. Métodos de análisis clínicos y su interpretación (4 ed.). Editorial Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.
- GUYTON, A. 1976. Fisiología Humana (4 ed.). Nueva Editorial Interamericana, S. A de C. V., D. F., México.
- HERRERA, E. 1993. Bioquímica (2 ed.). Editorial Interamericana McGraw-Hill, Madrid, España.
- HILTY, S. L. 2003. Birds of Venezuela (2 ed.). Princeton Univ. Press, Princeton, NJ, USA.
- HUBER, O. 1997. Ambientes fisiográficos y vegetales de Venezuela. Pp. 280–298, *en* E. La Marca (ed.), Vertebrados actuales y fósiles de Venezuela. Museo de Ciencias y Tecnología de Mérida, Venezuela.
- LAVIN, S., R. CUENCA, I. MARCO, R. VELARDE Y L. VIÑAS. 1992. Hematology and blood chemistry of the Marsh Harrier (*Circus aeruginosus*). *Biochem. Physiol.* 65A: 147–150.
- MELROSE, W. Y S. NICOL. 1992. Haematology, red cell metabolism and blood chemistry of the Black-Faced Cormorant *Leucocarbo fuscescens*. *Comp. Biochem. Physiol.* 102A: 67–70.
- MERCK, E. 1972. Diagnostic Merck. Ed. Cartoné Editorial. Darmstadt, Alemania.
- MUÑOZ, J., G. MARÍN, J. ANDRADE Y R. ALZOLA. 2009. Notas sobre la dieta de la cotúa olivácea (*Phalacrocorax olivaceus*) en una laguna marino-costera de la península de Araya, Venezuela. Saber (en imprenta).
- ORTA, J. 1992. Family Phalacrocoracidae (cormorants). Pp. 326–353, *en* J. del Hoyo, A. Elliott y J. Sargatal (eds.), Handbook of the birds of the World, Vol. 1. Lynx Edicions, Barcelona., España.
- PABLOS, M., L. PÉREZ-GALLARDO, M. AGAPITO Y J. RECIO. 1995. Circadian oscillations of calcium, sodium and potassium in chick serum, ultrafiltered serum and pineal gland. *Comp. Biochem. Physiol.* 112A(3/4): 339–345.
- PHELPS, JR., W. Y R. MEYER DE SCHAUENSEE. 1994. Una guía de las aves de Venezuela. Gráficas Armitano, Caracas.
- PIRELA, D. Y C. CASLER. 2005. Mercury concentrations in tissues of aquatic birds from the northern lake Maracaibo system, western Venezuela. *Bol. Centro Invest. Biol.* 39(2): 108–127. Universidad del Zulia, Maracaibo.
- POLO, F., J. CELDRAN, G. VISCOR Y J. PALOMEQUE. 1994. Blood chemistry of captive herons, egrets, spoonbill, ibis and gallinule. *Comp. Biochem. Physiol.* 107A(2): 343–347.
- PREZINGER, R., A. PREBMAR Y E. SCHLEUCHER. 1991. Body temperature in birds. *Comp. Biochem. Physiol.* 99A: 499–506.

- PUERTA, M., A. GARCÍA, M. ABELANDA, A. FERNÁNDEZ, V. HUECOS Y P. NAVA. 1992. Hematological trends in flamingos, *Phoenicopterus ruber*. *Comp. Biochem. Physiol.* 102A: 683–686.
- PUERTA, M., M. NOVA, C. VENERO Y J. VEIGA. 1995. Hematology and plasma chemistry of House Sparrow (*Passer domesticus*) along the summer month and after testosterone treatment. *Comp. Biochem. Physiol.* 110A(4): 303–307.
- RANDALL, D., W. BURGGREN Y K. E. FRENC. 1998. *Fisiología Animal* (4 ed.). McGraw Hill Interamericana, España
- RODRÍGUEZ, A. Y M. LENTINO. 2002. Population, diet and impact of neotropical cormorants in relation to shrimp production in Northeastern Venezuela. 23<sup>rd</sup> International Ornithological Congress, Beijing, China.
- ROSENBERG, J. Y S. HURWITZ. 1987. Concentration of adrenocortical hormones in relation to cation homeostasis in birds. *Am. J. Physiol.* 253: R20–R24.
- SCRIBNER, R. Y S. BELDING. 1950. Chloride determination in blood. *Proc. Staff Meeting of Mayo. Clin.* 25: 209–212.
- SOKAL, R. Y F. ROHLF. 1979. *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. H. Blumé Ediciones, Madrid, España.
- STEEL, R. Y J. TORRIE. 1988. *Bioestadística: Principios y procedimientos* (2 ed.). McGraw-Hill Editores, New York, NY, USA.
- STURKIE, P. D. 1986. Body fluids: Blood. pp. 102–120, *en* P. Sturkie (ed.), *Avian physiology*. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- TINEO, C. 2002. *Taxonomía y abundancia malacológica de la Laguna de Bocaripo, Estado Sucre, Venezuela*. Tesis de Licenciatura, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.
- URBANEJA, A. Y M. BELMAR. 1983. Efectos de los cambios de temperatura sobre el balance acidobásico, constante hematológica y electrolitos en *C. c. japonicus* (1758). *Acta Cient. Venezolana* 34(1): 229–235.
- WALSBERG, G. 1983. Avian ecological energetics. *Avian Biology* 7: 161–219.
- WILSON, R. Y D. GRÉMILLET. 1996. Body temperature of free-living African penguin (*Spheniscus demersus*) and Bank Cormorant (*Phalacrocorax neglectus*). *J. Exp. Biol.* 199: 2215–2223.