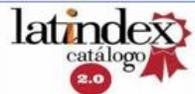


<p>Centros Revista Científica Universitaria</p> <p>Volumen 12, número 2.</p> <p>Julio – Diciembre de 2023</p> <p>ISSN L 2953-3007 pp. 75-98</p> <p>Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica.</p> <p>https://revistas.up.ac.pa/index.php/centros</p>	
  <p>https://www.latindex.org/</p> <p>http://amelica.org/</p>	

DIVERSIDAD DE AVES ACUÁTICAS ASOCIADA A PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN LA LAGUNA DE CHANGUINOLA, BOCAS DEL TORO, PANAMÁ

DIVERSITY OF WATERBIRDS ASSOCIATE TO PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS IN CHANGUINOLA LAGOON, BOCAS DEL TORO PROVINCE.

Irving N. Gómez
Universidad de Panamá-Panamá
<https://orcid.org/0000-0001-8907-373X>
irving.gomez-t@up.ac.pa
DOI <https://doi.org/10.48204/j.centros.v12n2.a4041>

Recibido: 23 de enero de 2023

Aceptado: 23 de junio de 2023

Resumen

Este estudio presenta la diversidad de aves acuáticas y semiacuáticas en una zona de la Laguna de Changuinola, Bocas del Toro, durante los meses de marzo a julio de 2018. El objetivo del estudio fue relacionar la riqueza de especie de las aves acuáticas y semiacuáticas con los factores fisicoquímicos presentes en la laguna. Se censaron 213

individuos, pertenecientes a ocho órdenes, 11 familias, 23 géneros y 30 especies. Las familias de mayor riqueza fueron Ardeidae registrando 10 especies para un 33.33% del total y Alcedinidae registrando cinco especies para un 16.67 % de total. El índice de diversidad de Shannon-Wiener para el total de la muestra de aves acuáticas fue de $H' = 3.06$. Según los rangos de abundancia *Bubulcus ibis* y *Pelecanus occidentalis*, son las especies más abundantes. La prueba de Duncan permitió demostrar que existe una asociación entre el pH y la riqueza de las aves. Los valores no aceptables de nitratos y oxígeno disuelto indican toxicidad del medio. Se concluye que los parámetros fisicoquímicos modifican la riqueza y la abundancia de las aves.

Palabras clave: Abundancia relativa, estrictamente acuática, riqueza de especies, semiacuática.

Abstract

This research presents the diversity of the aquatic and semiaquatic birds in Changuinola Lagoon, Bocas Del Toro, throughout the months of march to july of 2018. The goal of the research was to relate the species richness of the aquatic and semiaquatic birds with the physicochemical factors present in the lagoon. An amount of 213 individuals, belonging to eight orders, 11 families, 23 genres and 30 species were registered. The wealthiest families were Ardeidae recording 10 species for a total of 33.33% and the family Alcedinidae recording five species for a 16.67 % of total. The Shannon-Wiener diversity index for the total waterbird sample was $H' = 3.06$. According to its abundance range *Bubulcus ibis* and *Pelecanus occidentalis*, are the most abundant species. Duncan's test showed that there is an association between pH and wealth of the birds. The unacceptable values of Nitrates and dissolved oxygen indicated toxicity of the medium. It is concluded that the physicochemical parameters modify the wealth and abundance of birds.

Keywords: Relative abundance, semiaquatic, species richness, strictly aquatic.

Introducción

Los humedales de Panamá son importantes refugios silvestres para la avifauna acuática, además de considerarse uno de los ecosistemas más productivos, por sus características físicas y químicas, así como por su flora y fauna, brindándole un incalculable valor ecológico (Keddy, 2000).

La urbanización de áreas cercanas a la laguna de Changuinola ha contribuido al aumento de los desechos, que son depositados en la laguna, modificando los parámetros fisicoquímicos del agua como la salinidad, pH y la relación entre superficies de vegetación emergente y aguas abiertas (Goodsell, 1990; Parker et al., 1992; Halse et al., 1993). Evidentemente, donde desaparecen los humedales, desaparecen las aves también y la destrucción del hábitat es el problema más importante al que se enfrentan las especies de aves acuáticas amenazadas (Green, 1996; BirdLife Internacional, 2000).

Dentro de los humedales, la riqueza y abundancia de las aves acuáticas están asociadas a características ambientales locales y a requerimientos particulares de cada especie (Weller, 1999). Constituyen uno de los componentes más característicos de la fauna que habita los humedales, consiguiendo de estos refugio, alimento y áreas de reproducción (Blanco, 1999).

La laguna de Changuinola es un área donde se han producido disturbios antrópicos de gran magnitud. Estas alteraciones traerán en el futuro la posible migración local de las aves acuáticas a causa de la contaminación y el continuo tránsito por estas vías. Los estudios avifaunísticos de esta zona pertenecen a Ridgely y Gwynne (1993) y son recopilaciones de otros autores (Blake, 1958; Wetmore, 1965, 1968, 1973; Eisenmann y Loftin, 1972; Wetmore et al., 1984). A pesar de que existe un amplio volumen de información para el área de Fortuna en Gualaca e isla Colón en Bocas del Toro, para el distrito de Changuinola, los trabajos en riqueza y diversidad de las aves son escasos.

Además, la interacción entre los sistemas ecológicos y humano es muy compleja, y el nivel del conocimiento disponible sobre la articulación entre ambos es limitado lo que hace difícil predecir el rango de los desajustes funcionales y los procesos de degradación ecológica (Fernández et al. 2013).

Este estudio tiene como finalidad relacionar la diversidad de aves acuáticas y semiacuáticas con los parámetros fisicoquímicos de la laguna de Changuinola.

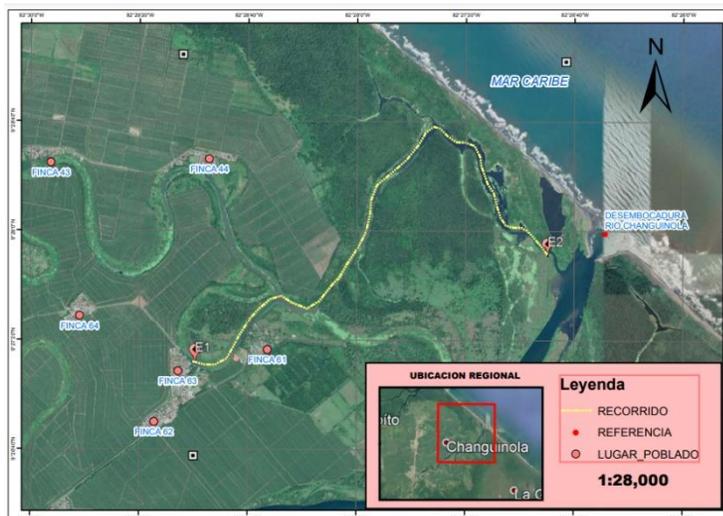
Materiales y Métodos

El área de estudio se localizó en el distrito de Changuinola, Bocas del Toro, en la sección este del humedal San Pond Sak, en la comunidad de finca 63 (Figura 1). Se conforma por un conjunto de canales y lagunas costeras de agua entre dulce y salobre. La comunicación del cuerpo lagunar con el mar es permanente y se extienden hasta la bahía de Almirante.

La flora de la zona estudiada incluye vegetación de bosque aluvial siempre verde y ocasionalmente inundado, palmas, terrenos arbustivos inundados, ciénagas de turba y manglares (Valdespino y Santamaría, 1997). Presenta un clima tropical muy húmedo (Afi) (IGNTG, 2007), con una precipitación anual de 2000 mm. Los promedios anuales de temperatura fluctúan entre los 18 y 34 °C en el litoral, mientras que el promedio anual de humedad relativa es de 84.5%, siendo el mes de junio el más húmedo (Figura 2).

Figura 1

Mapa de la Laguna de Changuinola. Recorrido y localización de las estaciones



La determinación y cuantificación de la avifauna se efectuó durante los meses de marzo a julio de 2018, empleando la técnica puntos de conteo y conteos en trayectos (Ralph y Scott, 1981; Bibby et al., 1992; Ralph et al., 1996), con la ayuda de binoculares Bushnell 10x50 mm. Los muestreos de aves se efectuaron dos veces al mes completando 10 recorridos para el trayecto de 6000 m en la laguna. Se utilizaron códigos para diferenciar los recorridos (Tabla 2). Se establecieron dos estaciones para puntos de conteo (Tabla 1, Figura 2). Los avistamientos se realizaron entre las 07:00 y 10:00 h, con 10 min de observación para cada punto de muestreo (Ralph *et al.*, 1995; Gerardo *et al.*, 2010).

Figura 2

Laguna de Changuinola: 2A. área de la estación (E1), 2B. área de la estación (E2)



Tabla 1

Localización geográfica y breve descripción de las estaciones de punto de conteo.

Código estación	Coordenadas	Descripción
E1	9° 27' 10.8" Latitud N 82° 28' 59.6" Longitud O	Cercana al área urbana con mayor influencia de agua dulce, sedimento fangoso y detrito sobrenadante, vegetación emergente y acumulación de basura y vertido de aguas residuales.
E2	9° 27' 50.3" Latitud N 82° 26' 50.1" Longitud O	Ubicada de la desembocadura hacia el interior y se caracterizó por tener sedimento fangoso, vegetación emergente y bordeado de cobertura boscosa.

Fuente: el autor

Para los conteos en trayecto se utilizó un bote con motor fuera de borda a velocidad constante de 2 Km por hora, recorriendo toda la orilla del cuerpo de agua y anotando todas las aves avistadas. Para tomar los puntos de georreferenciación se utilizó un GPS Garmin eTrex 20.

En la identificación de las especies se utilizaron las guías de Ridgely y Gwynne (1993), Ponce y Muschett (2006) y Stiles y Skutch (1989). En caso de algunos cambios recientes en taxonomía, se utilizó el sexagésimo primer suplemento de la lista de verificación de aves norteamericanas de la American Ornithological Society (Chesser et al., 2020).

Las aves incluidas en este estudio pertenecen a órdenes estrictamente acuáticos como Charadriiformes, Pelecaniformes, Podicipediformes y Suliformes, así como las familias Accipitridae (Accipitriformes), Alcedinidae (Coraciiformes), Rallidae (Gruiformes), Tyrannidae (Passeriformes), que incluyen algunos representantes con hábitos semiacuáticos (Wetlands International, 2006; Medellín et al., 2009). La especie *Pandion haliaetus* (Linnaeus, 1758), fue considerada en este trabajo como ave semiacuática.

En la determinación de los factores fisicoquímicos del agua se tomaron muestras de agua en las dos estaciones de conteo seleccionadas. Para la determinación de nitrito, nitrato y fosfato, se utilizó el laboratorio compacto MColortest™ (1.11151.001). Para el pH se utilizó un medidor de pH de alta precisión, para la temperatura superficial del agua se calculó con un termómetro de vidrio Brannan de 305 mm, con líquido no tóxico, de 0 a 150 °C e ideal para inmersión. El oxígeno disuelto del agua del humedal se calculó utilizando el multímetro digital portátil de un solo canal, HQ30D de Hach.

La riqueza de especies (S) se obtuvo como el número observado de especies. La abundancia se calculó sumando el número de individuos de cada especie. Mediante la comparación de las especies observadas y estimadas, se calculó la completitud del inventario. Para evaluar la efectividad del esfuerzo de muestreo total se elaboraron

curvas acumulativas de especies mediante el programa EstimateS Win9.1.0 (Colwell, 2013; Colwell et al., 2005). La diversidad alfa se estimó con el Índice de Shannon-Wiener (H'), que expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra, según indica Magurran (1988).

A través de un ANOVA simple se comparó las medias de la riqueza en función de los parámetros fisicoquímicos. Luego, se aplicó una prueba Duncan para determinar la homogeneidad de grupos y predecir cual parámetro fisicoquímico se asocia mejor con la riqueza de especie.

Resultados

Durante los 10 recorridos se contaron 213 individuos correspondientes a 30 especies (Tabla 2), distribuidas en 8 órdenes, 11 familias y 23 géneros (Tabla 3). El orden con mayor representatividad fue Pelecaniformes con 13 especies (43.33 %) (Figura 3). Las familias con mayor abundancia corresponden a Ardeidae con 77 individuos observados (36.15%) y Alcedinidae con 37 (17.37%) (Figura 4). Las familias con mayor riqueza fueron Ardeidae (Pelecaniformes) con 10 especies (33.33%); Alcedinidae (Coraciiformes) con cinco especies (16.67%) y Rallidae (Gruiformes) con cuatro especies

Tabla 2

Abundancia y diversidad de las aves acuáticas y semiacuáticas de la Laguna de Chanquinola durante los recorridos de marzo a julio de 2018

Tabla 2. Abundancia y diversidad de las aves acuáticas y semiacuáticas de la Laguna de Chanquinola durante los recorridos de marzo a julio de 2018.

Definición de términos: R01-10: recorridos; (H') = índice de diversidad de Shannon-Wiener; Estado (R: Residente; MN: Migratoria de Norteamérica; MS: Migratoria Sureña; RN: residente No reproductivo en el país; ?: Sin información certera del estado de la especie).

Nombre Común	Nombre Científico	Estado	Meses										Totales	H'			
			Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	R01	R02	R03	R04	R05			R06	R07	R08
Garza Azul Chica	<i>Egretta caerulea</i>	R (MN)	3	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	5	-0.0881
Garceta Grande	<i>Ardea alba</i>	R (MN)	1	2	2	2	2	2	1	2	0	0	14	0	0	14	-0.1789
Martin Pescador Verde	<i>Chloroceryle americana</i>	R	2	1	0	0	0	2	0	0	0	0	5	0	0	5	-0.0881
Ibis Verde	<i>Mesembiniibis cayenn</i>	R	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	-0.0252
Espátula Rosada	<i>Platalea ajaja</i>	R	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0	0	2	-0.0438
Pelicano Pardo	<i>Pelecanus occidentalis</i>	R	3	3	3	4	4	3	2	4	5	3	34	0	0	34	-0.2929
Martin Pescador Grande	<i>Megaceryle torquata</i>	R	2	1	2	1	1	2	2	3	0	0	14	0	0	14	-0.1789
Martin Pescador Pigmeo	<i>Chloroceryle aenea</i>	R	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	3	-0.0600
Bienteveo Grande	<i>Pitangus sulphuratus</i>	R	2	0	0	0	0	0	0	3	0	1	6	0	0	6	-0.1006
Cormorán Neotropical	<i>Phalacrocorax brasiliari</i>	R	2	0	0	0	0	2	0	2	1	0	7	0	0	7	-0.1122
Garza Tigre Barreteada	<i>Tigrisoma fasciatum</i>	R	2	2	1	1	1	2	2	1	2	0	14	0	0	14	-0.1789
Garza Tigre Castaña	<i>Tigrisoma lineatum</i>	R	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5	-0.0881
Gallareta Frentirroja	<i>Gallinula galeata</i>	R	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	5	0	0	5	-0.0881
Polluela Pechiamarilla	<i>Hapalocrex flaviventer</i>	R	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	-0.0438
Martin Pescador Verdirrojo	<i>Chloroceryle inda</i>	R	2	0	0	0	0	1	0	3	2	2	10	0	0	10	-0.1436
Garceta Nivea	<i>Egretta thula</i>	R (MN)	2	0	1	2	2	0	1	0	0	0	8	0	0	8	-0.1233
Garza Cucharón	<i>Cochlearius cochleariu</i>	R	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	3	0	0	3	-0.0600
Rascón Montés Cuellirrufo	<i>Aramides axillans</i>	R	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	2	-0.0438
Gavilán Caminero	<i>Rupornis magnirostris</i>	R	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	2	-0.0438
Garceta Bueyera	<i>Bubulcus ibis</i>	R	3	4	3	0	0	0	1	4	2	0	17	0	0	17	-0.2018
Gallareta Morada	<i>Porphyrio martinicus</i>	R	2	1	1	2	2	0	1	1	1	0	11	0	0	11	-0.1530
Águila Pescadora	<i>Pandion haliaetus</i>	MN (RN)	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	2	-0.0438
Garza Azul Mayor	<i>Ardea herodias</i>	MN (RN)	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	-0.0438
Garza Verde	<i>Butorides virescens</i>	R	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	4	0	0	4	-0.0746
Jacana Norteña	<i>Jacana spinosa</i>	R	1	2	1	1	1	2	2	2	0	2	14	0	0	14	-0.1789
Jacana Carunculada	<i>Jacana jacana</i>	MS?	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5	-0.0881
Martin Pescador Amazónico	<i>Chloroceryle amazona</i>	R	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	5	0	0	5	-0.0881
Zambullidor Menor	<i>Tachybaptus dominicu</i>	R	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	-0.0438
Garza Nocturna	<i>Nyctanassa violacea</i>	R (MN)	0	0	0	0	0	1	2	0	0	2	5	0	0	5	-0.0881
Gavilán Cangrejero	<i>Buteogallus anthracinu</i>	R	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	4	0	0	4	-0.0746
Total			49	22	16	14	16	25	15	27	18	11	213			3.0609	

Tabla 3

Órdenes, familias y especies de aves en la Laguna de Changuinola

ORDEN	FAMILIA	ESPECIES	
ACCIPITRIFORME	PANDIONIDAE	<i>Pandion haliaetus</i>	
	ACCIPITRIDAE	<i>Rupomis magnirostris</i> <i>Buteogallus anthracinus</i>	
CORACIFORMES	ALCEDINIDAE	<i>Chloroceryle aenea</i>	
		<i>Chloroceryle amazona</i>	
		<i>Chloroceryle americana</i>	
		<i>Chloroceryle inda</i>	
		<i>Megaceryle torquata</i>	
CHARADRIIFORMES	JACANIDAE	<i>Jacana jacana</i>	
		<i>Jacana spinosa</i>	
GRUIFORMES	RALLIDAE	<i>Aramides axillaris</i>	
		<i>Gallinula galeata</i>	
		<i>Porphyrio martinicus</i>	
		<i>Hapalocrex flaviventer</i>	
		<i>Pitangus sulphuratus</i>	
PASSERIFORMES	TYRANNIDAE	<i>Pitangus sulphuratus</i>	
PELICANIFORMES	PELECANIDAE	<i>Pelecanus occidentalis</i>	
		ARDEIDAE	<i>Ardea alba</i>
			<i>Ardea herodias</i>
	<i>Bubulcus ibis</i>		
	<i>Butorides virescens</i>		
	<i>Cochlearius cochlearius</i>		
	<i>Egretta caerulea</i>		
	<i>Egretta thula</i>		
	<i>Nyctanassa violacea</i>		
	<i>Tigrisoma fasciatum</i>		
	<i>Tigrisoma lineatum</i>		
		THRESKIORNITHIDAE	<i>Platalea ajaja</i>
		<i>Mesembrinibis cayennensis</i>	
PODICIPEDIFORMES	PODICIPEDIDAE	<i>Tachybaptus dominicus</i>	
SULIFORMES	PHALACROCORACIDAE	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	

Fuente: El autor

Figura 3

Órdenes con mayor riqueza de especies

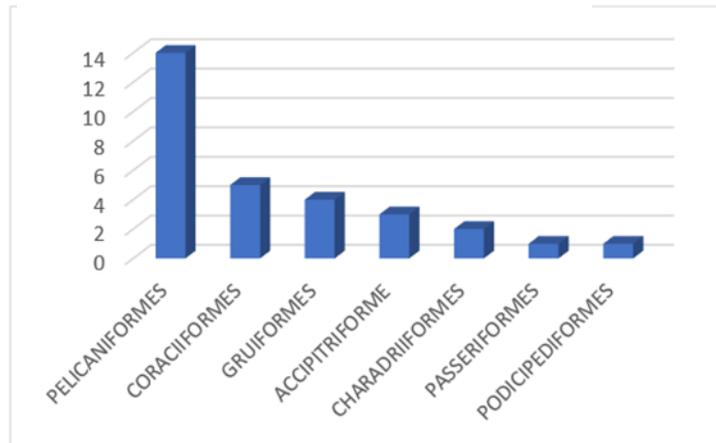


Figura 4

Familias con mayor porcentaje de individuos

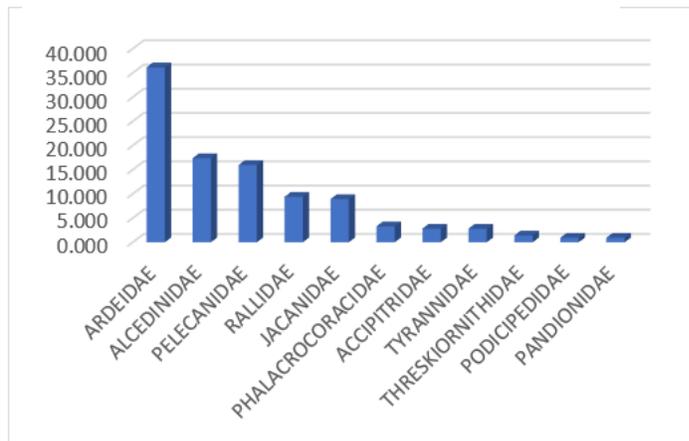
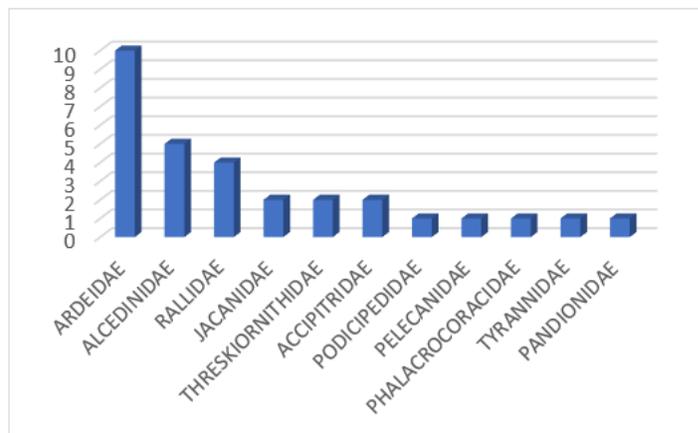


Figura 5

Familias con mayor riqueza de especie en la laguna



La riqueza (S), proporcionó valores entre seis y 24 especies. El recorrido con mayor riqueza y abundancia de aves fue el recorrido uno (R01) con una riqueza de 24 especies y un total de 49 individuos. La menor riqueza y abundancia de aves se obtuvo en el R10 con seis especies y un total de 11 individuos. Los índices de diversidad de Shannon (H') alcanzaron valores muy representativos en la mayoría de los recorridos, presentando un valor promedio de $H' = 3.06$. (Tabla 4).

Tabla 4

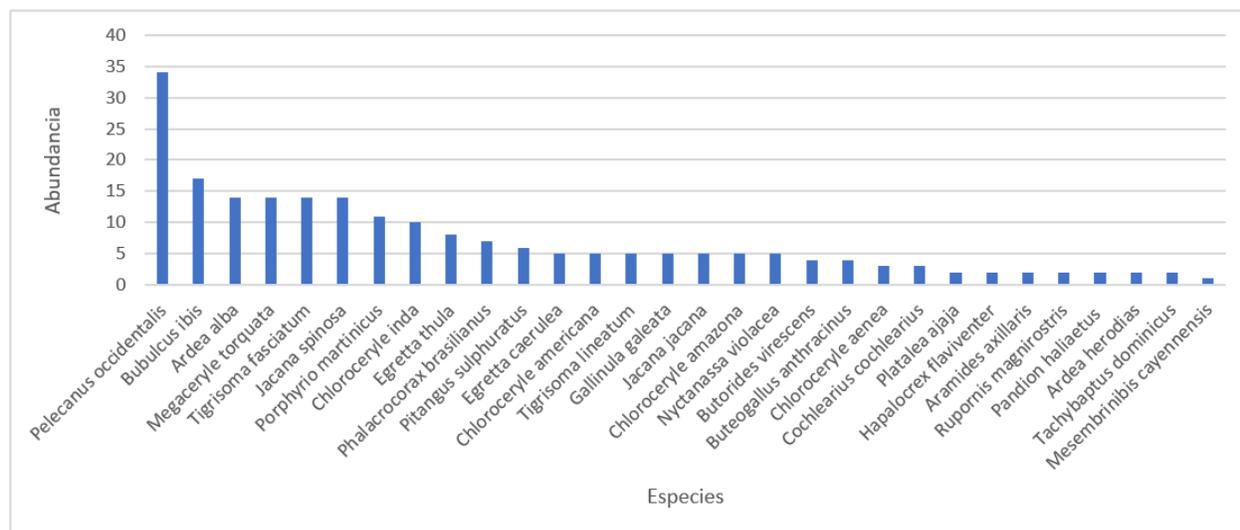
Índices de riqueza y diversidad de aves en la Laguna de Changuinola

Definición de términos: R01-10: recorridos

Indíces	Marzo.1	Marzo.2	Abril.1	Abril.2	Mayo.1	Mayo.2	Junio.1	Junio.2	Julio.1	Julio.2
	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09	R10
Taxa_S	24	12	9	8	9	15	10	12	10	6
Individuals	49	22	16	14	16	25	15	27	18	11
Dominance_D	0.04706	0.1033	0.1328	0.1633	0.1406	0.0752	0.1111	0.1029	0.142	0.1901
Simpson_1-D	0.9529	0.8967	0.8672	0.8367	0.8594	0.9248	0.8889	0.8971	0.858	0.8099
Shannon_H	3.11	2.374	2.101	1.946	2.079	2.643	2.246	2.365	2.135	1.72

Fuente: Programa estadístico Past 3.17

Las especies de mayor abundancia en este estudio fueron el pelícano pardo (*Pelecanus occidentalis* Linnaeus, 1766) con 34 individuos (15.96% de las observaciones); la Garceta bueyera, (*Bubulcus ibis* Linnaeus, 1758) con 17 individuos (7.98 % de las observaciones); la Garza Tigre Barreteada (*Tigrisoma fasciatum* Such, 1825); la Jacana Norteña (*Jacana spinosa* Linnaeus, 1766), el Martín Pescador Grande (*Megaceryle torquata* Linnaeus, 1766) y la Garceta Grande (*Ardea alba* Linnaeus, 1758) con 14 individuos (6.57% de las observaciones). Este grupo de ejemplares representaron el 50% de las observaciones, utilizando las orillas del humedal, en las estaciones E1 y E2. La especie Ibis Verde (*Mesembrinibis cayennensis* Gmelin, 1789) reportó un solo individuo (0.47% de las observaciones) (Figura 6).

Figura 6**Abundancia de aves acuáticas y semiacuáticas en la Laguna de Changuinola**

Los métodos de conteo de aves seleccionados permitieron obtener porcentajes de completitud de riqueza, los cuales en el 80% de los recorridos fue $\geq 85\%$ (Tabla 5).

Tabla 5**Riqueza observada y calculada por el estimador Chao 1**

Definición de términos: R01-10: recorridos de muestreos

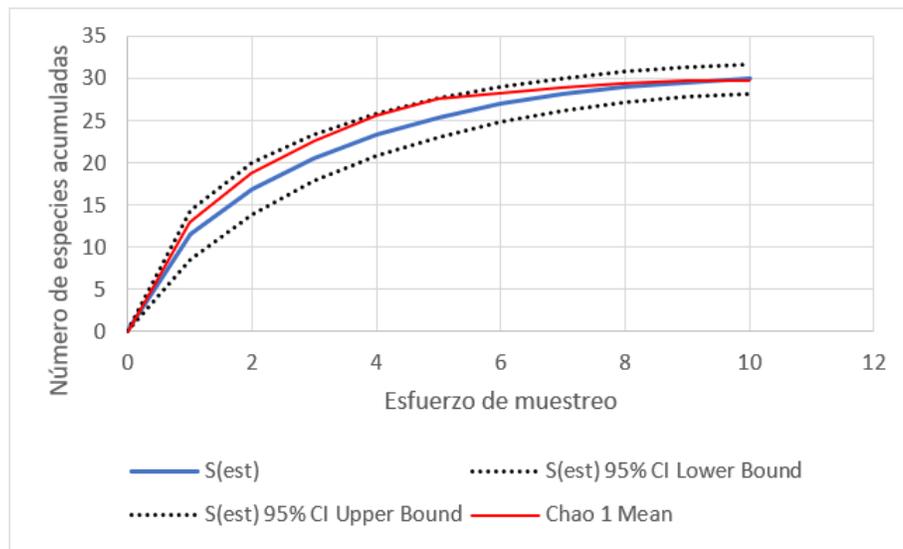
Muestreos	Especies observadas	Chao 1	% de Eficiencia	Shannon_H
R01	24	25.25	95.05	3.11
R02	12	13.67	87.78	2.374
R03	9	10.5	85.71	2.101
R04	8	9.5	84.21	1.946
R05	9	10.2	88.24	2.079
R06	15	16.67	89.98	2.643
R07	10	11.67	85.69	2.246
R08	12	13.5	88.89	2.365
R09	10	12	83.33	2.135
R10	6	6.25	96	1.72

Fuente: El autor

Este esfuerzo se confirmó al desarrollar la curva de acumulación de especies, comparando los datos de riqueza y esfuerzo de muestreo con el estimador Chao 1, durante los diez recorridos (Figura 7).

Figura 7

Número acumulado de especies de aves en la Laguna de Changuinola



Pocas especies demostraron mayor abundancia, como *P. occidentalis*, muy abundante en el área de la estación E2 y *B. ibis*, la cual fue abundante en la estación E1 y durante el trayecto.

Algunas especies con menor abundancia reportadas son *Chloroceryle aenea* (Pallas, 1764) (Coraciiformes); *Ardea herodias* (Linnaeus, 1758), *M. cayennensis*, (Pelecaniformes); *Aramides axillaris* (Lawrence, 1863), *Hapalocrex flaviventer* (Boddaert, 1783) (Gruiformes); *Tachybaptus dominicus* (Linnaeus, 1766) (Podicipediformes) y *P. haliaetus* (Accipitriformes), observadas durante el trayecto, en puntos alejados de la comunidad. La especie *Platalea ajaja* (Linnaeus, 1758) presentó la menor abundancia y fue específica de la estación E1.

Para los parámetros fisicoquímicos estudiados, los niveles de mayor significancia se observaron en los nitratos (75 mg/L NO₃-N), en el 60% de los recorridos y los valores

de nitritos (0.30 mg/L NO₂-1) en el recorrido final. En cuanto a las concentraciones de oxígeno disuelto (OD) presentaron valores de 2.96 mg/L, como la concentración más baja registrada (Tabla 6).

Tabla 6

Parámetros Físicoquímicos de estación E1 en la Laguna de Changuinola

Definición de términos: R01-10: recorridos de muestreos; MAR – JUL: meses de muestreo

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	MUESTREOS									
	MAR. 1	MAR. 2	ABR. 1	ABR. 2	MAY. 1	MAY. 2	JUN. 1	JUN. 2	JUL. 1	JUL. 2
	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09	R10
Riqueza	24	12	9	8	9	15	10	12	10	6
Temperatura °C	28	29	30	31	31	29	29	29	29	31
pH	6.9	7.4	7.8	7.9	7.9	7.4	7.9	7.5	7.6	8.2
Oxígeno Disuelto(mg/L)	3.62	3.00	3.00	2.96	2.96	3.00	2.96	3.00	2.96	2.96
Fosfatos (mg/L)	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0
Nitratos (mg/L)	50	50	75	75	75	50	75	50	75	75
Nitritos (mg/L)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3

Fuente: el autor

La asociar la riqueza con los parámetros físicoquímicos del agua en las dos estaciones de puntos de conteos, se demostró que hay una asociación significativa entre la media de la riqueza de especies y los rangos de los factores físicoquímicos solo para la estación E1 (Tabla 7).

Tabla 7

ANOVA de los parámetros físicoquímicos y prueba de Duncan

Definición de términos: R01-10: recorridos de muestreos

Parámetros Físicoquímicos	F	α	Duncan
Riqueza	1.592	0.05	R01, R02 / R05, R06 / R07, R08 / R03, R04 / R09, R10
Temperatura °C	1.350	0.05	R03, R04 / R09, R10, R05, R06 / R07, R08 / R01, R02
pH	1.723	0.05	R09, R10 / R03, R04 / R07, R08 / R05, R06 / R01, R02
O.D. (mg/L)	1.157	0.05	R01, R02 / R07, R08, R05, R06, R03, R04 / R09, R10
Fosfatos (mg/L)	1.750	0.05	R03, R04 / R09, R10, R05, R06 / R07, R08, R01, R02
Nitratos (mg/L)	1.750	0.05	R03, R04 / R09, R10, R05, R06 / R07, R08, R01, R02
Nitritos (mg/L)	1.000	0.05	R09, R10 / R07, R08, R05, R06, R03, R04, R01, R02

Fuente: el autor

Con la prueba de comparaciones múltiples de Duncan se demostró que el parámetro fisicoquímico significativamente asociado a la riqueza de especie fue el factor pH (Tabla 8).

Tabla 8

Comparación de las medias de los parámetros fisicoquímicos en la Laguna de Changuinola

Definición de términos: N: total de muestreos

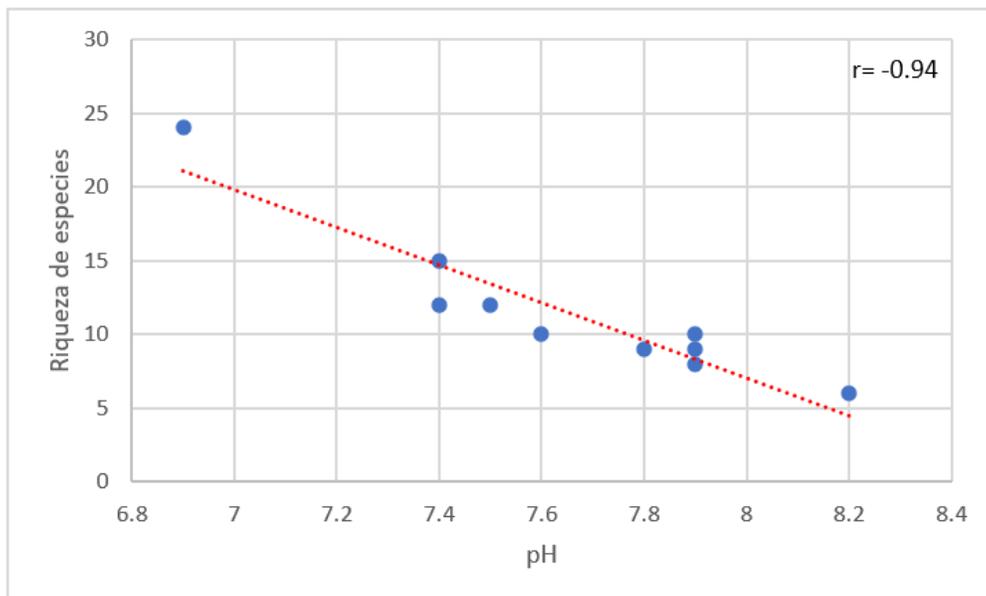
Parámetros Fisicoquímicos y riqueza	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
Nitritos (mg/L)	10	.2100				
Fosfatos (mg/L)	10	1.7000				
O.D. (mg/L)	10	3.0420	3.0420			
pH	10		7.6500	7.6500		
Riqueza	10			11.5000		
Temperatura	10				29.6000	
Nitratos (mg/L)	10					65.0000

Fuente: el autor

Al correlacionar el pH y la riqueza específica se demostró una asociación muy significativa e inversamente proporcional entre las variables (Figura 8).

Figura 8

Correlación de Pearson entre Riqueza y pH.



De las aves acuáticas censadas, las más representativas por su abundancia distribuidas en casi toda la zona del humedal, están: *B. ibis*; *P. occidentalis*; *T. fasciatus*; *J. spinosa*, *M. torquata* y *A. alba*. La especie con baja abundancia es *M. cayennensis*.

Los factores fisicoquímicos tienen una influencia directa sobre la riqueza específica de aves acuáticas en “la laguna” de Changuinola, como lo demuestra la asociación entre el índice de correlación de Pearson con el pH y los valores obtenidos para las concentraciones de nitritos, nitratos y oxígeno disuelto. Adicional a esto los fosfatos parecen tener influencia inicial sobre el desarrollo de la vegetación lo que a su vez puede modificar la riqueza y la diversidad de las aves acuáticas y semiacuáticas eventualmente.

A pesar de que la diversidad alfa registra valores de nivel medio, “considero” que algunos de los órdenes encontrados (Coraciiformes, Charadriiformes, Gruiformes y Pelecaniformes), soportan de alguna manera el hábitat cercano a la estación E1, con alteración de las condiciones fisicoquímicas del agua del humedal.

Este estudio demuestra que la perturbación antrópica sobre el humedal como, la eutrofización, la contaminación por aguas residuales, basura y agroquímicos, son muy determinantes en la variación fisicoquímica de la “laguna” de Changuinola y tienen un impacto negativo sobre la riqueza específica de las aves acuáticas y semiacuáticas del sitio.

Discusión

Las especies de aves registrados durante este trabajo representaron aproximadamente el 3% de las aves conocidas para Panamá (Audubon, 2020). Según Birdlife (2020), en Panamá pueden encontrarse 107 especies de aves dependientes en algún grado del medio acuático, por lo que los registros obtenidos para este estudio representaron el 28% de esa cantidad.

La riqueza de especies y el índice de diversidad fueron superiores en el recorrido R01 y se observó asociada a los microambientes que conforman el humedal de Changuinola, entre éstos se encuentran zonas de barras de arena las cuales fueron mayoritariamente usadas por especies de Pelecaniformes; zonas con vegetación riparia donde dominaron los Podicipediformes y Gruiformes; zonas de praderas húmedas, aguas someras y profundas donde destacaron los Podicipediformes, y las playas de duna y fango donde dominaron los Charadriiformes (Estades et al., 2009).

Según los resultados de los índices de riqueza aplicados a la muestra, demostraron una alta riqueza específica en el recorrido R01, disminuyendo en los siguientes recorridos. Esto se demuestra por que los tamaños muestrales fueron relativamente semejantes. Lo que podría ayudar a crear un patrón de riqueza de aves acuáticas y semiacuáticas muy relacionada a las propiedades físicas y químicas del medio.

Por otra parte, no se debe descartar que la composición avifaunística puede estar influenciada de forma diferencial por los distintos niveles de urbanización (Zavala y Gismondi, 2000). Esto lo demostró los últimos recorridos donde el aumento en la producción de residuos sólidos y orgánicos depositados en las orillas del humedal se correlacionó con la disminución de la riqueza y la abundancia de las aves. Para las aves, la perturbación sostenida también produce cambios conductuales afectando el éxito reproductivo, tiempo de alimentación o la tolerancia a la presencia humana (Weller et al., 1958; Burton et al., 2002a, b; Steen et al., 2006). En tal sentido, puede haber una relación entre el impacto de la contaminación y la presencia de las aves, porque su ocurrencia y abundancia están influenciadas por las características del hábitat (Villegas y Garitano-Zavala, 2008).

Pineda (2008), señala que la riqueza y la abundancia se observan de manera más clara en los nutrientes, pues los nitritos y nitratos afectan negativamente la riqueza; mientras que la concentración de fósforo promueve la abundancia. Valores similares para

los nitratos y nitritos fueron obtenidos en este estudio, no así con el fósforo, debido a que se mantuvo en concentraciones aceptables en el agua.

Los estimadores utilizados para medir la completitud de muestreo indican una alta completitud a partir del recorrido (R06). Esto demuestra que la comunidad de aves ofreció patrones reales de riqueza y abundancia.

En general se obtuvo una idea sustancial de la comunidad de aves acuáticas y semiacuáticas estudiada con la curva de acumulación de especies. Sin embargo, eso no indica que sean todas las especies de aves acuáticas y semiacuáticas de la laguna, debido a que algunas especies consideradas como semiacuáticas, para este estudio, como *Pitangus sulphuratus* (Linnaeus, 1766) y *Rupornis magnirostris* (Gmelin, 1788), fueron registradas, lo quiere decir que, si se aumenta el tiempo de muestreo, las especies registradas por Chao 1 como singletons y doubletons se volverían más abundantes, lo que aumentaría el porcentaje de completitud.

Los valores de diversidad alfa (H') obtenidos, pueden estar asociados a factores ecológicos como el incremento de las concentraciones de compuestos inorgánicos nitrogenados y vertidos de materia orgánica en el agua, lo que está ocasionando el empobrecimiento de su calidad ecológica (Alonso et al., 2005). Por otro lado, el aporte de contaminantes llevados por la escorrentía al cuerpo de agua podría estar modificando la riqueza estructural y la diversidad de la fauna que sirve de alimento a las aves (Smith et al., 1999).

Sobre la base de los resultados de un ANOVA se demostró que existe una asociación significativa en la E1, por lo que es probable que estos tengan una incidencia directa sobre la riqueza y la abundancia de la comunidad de aves acuáticas y semiacuáticas de la laguna. Estos factores pudieron estar ejerciendo su efecto vía disponibilidad de alimentos, espacio o por el nivel tolerancia a los hábitats cercanos a la estación E1.

Según Howell y Webb (1995), la distribución de las aves se encuentra relacionada con el hábitat, considerando que hay especies específicas de un hábitat; otras son tolerantes a las características de ciertos hábitats y otras son completamente adaptables a varios hábitats y son llamadas especies generalistas. En este estudio las especies como *M. torquata*, *A. alba*, *B. ibis*, *J. spinosa*, *T. fasciatum* y *Porphyrio martinicus* (Linnaeus, 1766) se encontraron en diversas zonas del humedal, pero con mayor abundancia en la estación E1, demostrando de esta forma que soportan las condiciones fisicoquímicas del agua. La especie *P. ajaja* fue específica de la estación E1, la cual está alterada por la contaminación.

Los subconjuntos homogéneos demostraron que el parámetro fisicoquímico mejor asociado a la riqueza de especie en la estación E1 fue el pH. Esto se demuestra porque en el 50% de los recorridos, la riqueza de especies (S) se mostró afectada por alguna condición fisicoquímica que produjo una disminución de la riqueza, pero con la leve elevación de la dominancia, porque precisamente son las especies tolerantes las que continúan en el sitio.

Muy cercana a la estación E1 se ha producido una acumulación de desechos sólidos y orgánicos, además de la descarga de aguas residuales en la laguna, lo cual podría estar aumentando el crecimiento de algas, estimulando la absorción de CO₂ que elevaría los niveles del pH. Durante el recorrido (R10) se registraron los valores más altos de pH encontrados (8.2). Según Roldán (2003), el rango de pH en ecosistemas de lagunas se encuentra entre 6.5 y 8.0, fuera de este rango se reduce la diversidad por estrés fisiológico de las aves. Esto se demostró con la prueba Duncan que registró entre el pH y la riqueza específica, la asociación más significativa y negativa, en donde el aumento del pH está produciendo la aparente disminución de la riqueza de especies cercana a la estación E1.

El nivel de nitratos indicó que el humedal es un sitio muy impactado por la contaminación agroquímica, las aguas residuales producto de las actividades antrópicas

y la proliferación de bacterias coliformes asociadas a las heces de animales de corral como cerdos y chivos que son criados en corrales improvisados a la orilla de la laguna.

La presencia de nitritos en el humedal demostró que la contaminación bacteriana está presente, debido a que las bacterias aeróbicas reducen el nitrato a nitrito obteniendo valores de (0.3 mg/L NO₂ / 0.09 mg/L NO₂-N) en el recorrido (R10). Esto indica que el aporte de nitritos en el humedal revela la posible presencia de coliformes. Según Erikson (1985), valores de nitritos entre 0.1 y 0.9 mg/L N pueden presentar problemas de toxicidad y un impedimento para el desarrollo de un ecosistema fluvial en buenas condiciones.

Las concentraciones más altas de fosfato registradas pudieron deberse a las actividades agroquímicas, solubilización de sales naturales, efecto de detergentes en el agua producto de las actividades domésticas. A largo plazo estos niveles podrían regular el desarrollo de otros organismos como macroinvertebrados, anfibios e insectos que son el alimento de las aves acuáticas del humedal.

Las bajas concentraciones del oxígeno disuelto obtenidas en los últimos recorridos demostraron que el humedal se encuentra en una etapa inicial de impacto por los vertimientos de aguas residuales, los cuales aportan materia orgánica en descomposición. Los resultados de este parámetro son evidencia de la proliferación bacteriana del agua, la cual está contribuyendo al consumo del oxígeno por los procesos de oxidación del hábitat.

En términos generales la riqueza avifaunística del humedal demostró la influencia antrópica principalmente por la perturbación fisicoquímica del agua.

Agradecimientos

Al personal del STRI Bocas del Toro por ayudarme en la toma de los parámetros de pH. A Yeiler Wallace por su gran apoyo e indicaciones en las labores de georreferencia y elaboración de mapas.

Referencias Bibliográficas

- Alonso, A., De la Puente, M y Camargo, J.A. (2005). *Los invertebrados acuáticos del río Henares*. Quercus 231: 16-22. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&act=8&ved=2ahUKEwiLmJmNp46AAxVbtYQIHS4-CzEQFnoECBIQAQ&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fservlet%2Farticulo%3Fcodigo%3D1415476&usg=AOvVaw2XdOwd1-0U8Ds4O-MVI2pJ&opi=89978449>
- Audubon. (2020). *Lista de las aves de Panamá*. Comité de Registros, Sociedad Audubon de Panamá.
- Bibby, C.J., Burgess N.D. y Hill, D.A. (1992). *Bird census techniques*. Academic Press, Londres.
- BirdLife International. (2000). *Threatened birds of the world*. Lynx Edicions, Barcelona.
- BirdLife International. (2020). *Perfil de país*. Panamá. <http://www.birdlife.org/datazone/country/panama>.
- Blanco, D. (1999). *Los humedales como hábitat de aves acuáticas*. En Malvárez A.I. (ed) *Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica*. ORCYT-UNESCO.
- Bryce, S.A., Hughes, R. y Kaufmann, P.R. (2002). Development of a bird integrity index: using bird assemblages as indicators of riparian condition. *Environmental Management*, 30(2), 294-310. <https://doi.org/10.1007/s00267-002-2702-y>
- Burton, N.H.K., Armitage, M.J.S., Musgrove, A.J. y Rehfish, M.M. (2002). Impacts of man-made landscape features on numbers of estuarine waterbirds at low tide. *Environmental Management* 30: 857 – 864. <https://doi.org/10.1007/s00267-002-2732-5>
- Caso Pisanti, M., y Ezcurra, E. *Aves del Golfo de México y las áreas prioritarias para su conservación*. *Diagnóstico ambiental del Golfo de México* (2004). Volumen I. Instituto Nacional de Ecología.
- Centro Regional Ramsar para la Capacitación e Investigación sobre Humedales para el Hemisferio Occidental. (2009). *Inventario de los humedales continentales y costeros de la República de Panamá*.
- Chesser R.T., Billerman, S.M., Burns, K.J., Cicero, C., Dunn, J.L., Kratter, A.W., Lovette, I.J., Mason, N.A., Rasmussen, P.C., Remsen, J.V., y Stotz, D.F., y Winker, K. (2022). *Sexagésimo primer suplemento de la lista de verificación de*

aves norteamericanas de la American Ornithological Society, *The Auk*, 139(3), 1-13. <https://doi.org/10.1093/ornithology/ukac020>

Colwell, R. K. (2013). *Estimates: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Version 9. User's Guide and Application*. <http://purl.oclc.org/estimates>

Colwell, R.K., Mao, C.X. y Chang, J. (2005). *Interpolando, extrapolarlo y comparando las curvas de acumulación de especies basadas en su incidencia*. En Halffter Soberón, G.J., Koleff, J. y Melic, A. (eds.), *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma*.

Duncan, P., Hewison, A.J.M., Houte, S., Rosoux, R., Tournebize, T., Dubs, F., Burel, F. y Bretagnolle, V. (1999). Long-term changes in agricultural practices and wildfowling in an internationally important wetland, and their effects on the guild of wintering ducks. *Journal of Applied Ecology* 36(1), 11-23. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.1999.00363.x>

Eisenmann, E. y Loftin, H. (1972). *Field checklist of the Western Chiriquí Highlands, Panamá*, segunda edición. Russ Mason's Flying Carpet Tours, Inc. Kissimmee, Florida.

Erikson, R.J. (1985). *An evaluation of mathematical models for the effect of pH and temperature on ammonia and toxicity to aquatic organisms*. *Water Res.* 19.

Parra, O., Castilla, J.C., Romero, H., Quiñones R. y Camaño, A. (2009). *Las aves acuáticas del río Itata*. En: *La cuenca hidrográfica del río Itata*. Editorial Universidad de Concepción. Concepción. Chile.

Fernández, L., Labrada, M., Barranco, G., Cárdenas, O., Martín, G., Couzan, Y., y Lemus, Y. (2013). *Evaluación del estado y tendencias de los principales humedales de Cuba: Problemáticas ambientales e indicadores de presión, estado e impactos*. [PDF file] Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo. <http://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/3571/3/Evaluaci%C3%B3n%20de%20los%20cambios%20de%20estado%20en%20ecosistemas.pdf>

Gerardo, C.M., Enríquez, P.L. y J.L. Rangel, J.L. (2010). *Diversidad de aves acuáticas en la Laguna Pampa El Cabildo, Chiapas, México*. *El Canto del Centzontle* 1(1):33-48.

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwja59H2so6AAxUnQzABHe4ACRkQFnoECA4QAQ&url=http%3A%2F%2Fbiblioteca.ecosur.mx%2Fcgi-bin%2Fkoha%2Fopac-detail.pl%3Fbiblionumber%3D000049877&usq=AOvVaw39IP0_-Q6kxFOhC8TV-411&opi=89978449

Goodsell, J.T. (1990). *Distribution of waterbird broods relative to wetland salinity and pH in South-western Australia*. *Australian Wildlife Research*.

- Green, A.J. (1996). Analyses of globally threatened Anatidae in relation to threats, distribution, migration patterns and habitat use. *Conservation Biology*, 10(5), 1435-1445. <https://www.jstor.org/stable/2386918>
- Halse, S.A., Williams, M.R., Jaensch, R.P. y Lane, J.A.K. (1993). *Wetland characteristics and waterbird use of wetlands in south-western Australia*. Wildlife Research.
- Howell, S.N.G. y Webb, S. (1995). *A guide to the birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press, New York, USA.
- Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia, Ministerio de Obras Públicas. (2007). *Atlas Nacional de la República de Panamá*.
- Keddy, P.A. (2000). *Ecología de humedales: principios y conservación*. Cambridge University Press.
- Klein, M.L., Humphrey, S.R. y Percival, H.F. (1995). *Effects of ecotourism on distribution of waterbirds in a wildlife refuge*. *Society for Conservation Biology*, 9: 1454-1465. <http://www.jstor.org/stable/2387190?origin=JSTOR-pdf>
- Madsen, J. y Fox, A.D. (1995). Review. *Wildlife Biology*, 1(4), 193-207. <https://doi.org/10.2981/wlb.1995.0025>
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey.
- Magurran A. y McGill, B. (2011). *Measuring biological diversity*. Oxford; Oxford University Press.
- Martella, M.B., Trumper, E.V., Bellis, L.M., Renison, D., Giordano, P.F., Bazzano, G. y Gleiser, R.M. (2012). Manual de ecología: evaluación de la biodiversidad. *Reduca (Biología)*. Serie *Ecología*. 5 (1): 71-115. <http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/917/928>
- Medellín, R.A., Abreu, A., Del Coro Arizmendi, M., Mellink, E., Ruelas, E., Santana, E. y Urbán, J. (2009). *Conservación de especies migratorias y poblaciones transfronterizas*. CONABIO Publicaciones.
- Parker, G.R., Petrie, M.J. y Sears, D.T. (1992). Waterfowl distribution relative to wetland acidity. *Journal of Wildlife Management*, 56: 268-274. <https://www.jstor.org/stable/3808822?origin=crossref>
- Pineda, R. y Verdú, J.R. (2013). *Cuaderno de prácticas. Medición de la biodiversidad: diversidades alfa, beta y gamma*. Universidad Autónoma de Querétaro, Universidad de Alicante. Editorial Universitaria, Colección Académica, Serie Nodos. Querétaro.

- Ponce E. y Mouschette, G. (2006). *An illustrated field guide to the birds of Panama / Guía de campo ilustrada de las aves de Panamá*. Ediciones Balboa.
- Ralph C.J. y Scott, J.M. (1981). *Estimating numbers of terrestrial birds*. Studies in Avian Biology 6, Cooper Ornithological Society, Lawrence, Kansas.
- Ralph C.J., Geupel, G. R., Pyle, P., Martin, T.E., Desante, D.F. y Milá, B. (1996). *Manual de Métodos de Campo para el monitoreo de aves terrestres*. Gen. Tech. Rep. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 46 p.
- Ridgely, R.S. (1993). *Guía de las aves de Panamá incluyendo Costa Rica, Nicaragua y Honduras*, Panamá, Panamá, Carvajal, S. A. Panamá.
- Ridgely, R.S. y Gwynne, J. (1993). *Guía de aves de Panamá, incluyendo Costa Rica, Nicaragua y Honduras*. Princeton, University.
- Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP* Colombia, Medellín: Editorial Universidad de Antioquia. 223 pp.
- Smith, V.H., Tilman, G.D. y Nekola, J.C. (1999). Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution* 100, 179-196. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(99\)00091-3](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(99)00091-3)
- Steen, D. A., Gibbs, J.P. y Timmermans, S.T. (2006). *Assessing the sensitivity of wetland bird communities to hydrologic change in the eastern Great Lakes region*. Wetlands.
- Stiles, F. G. y Skutch, A.F. (1989). *A guide to the birds of Costa Rica*. Ithaca, New York: Cornell University Press
- Sutherland, W. J. (1998b). The effect of local change in habitat quality on populations of migratory species. *Journal of Animal Ecology*. 35: 418 - 421. <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1365-2664.1998.00320.x>
- Valdespino, I. y Santamaría, D. (1997). *Evaluación ecológica rápida del Parque Nacional Marino Isla Bastimentos y áreas de influencia, isla Solarte, Swan Cay, Mimitimbi (isla Colón) y el humedal San San-Pond Sak, provincia de Bocas del Toro*. Tomo 1: Recursos terrestres. ANCON, Panamá.
- Villegas M. y Garitano, A. (2008). *Las comunidades de aves como indicadores ecológicos para programas de monitoreo ambiental en la ciudad de La Paz, Bolivia*. *Ecología en Bolivia*, Vol. 43(2): 146-153. https://www.researchgate.net/publication/230918255_Las_comunidades_de_ave

s_como_indicadores_ecologicos_para_programas_de_monitoreo_ambiental_en_la_ciudad_de_La_Paz_Bolivia

Weller, M. (1999). Wetland Bird. *Habitat resources and conservation implications*. Cambridge University Press, 271.

Wetlands International. (2006). *Waterbirds population estimates*, 4a ed. Wetlands International, Wageningen, The Netherlands.

Wetmore, A. (1965,1968 y 1973). *The birds of the Republic of Panama*. Smithsonian Miscellaneous Collection 150 (1-3).

Wetmore, A., Pasquier, R. y Olson, S. (1984). *The birds of the Republic of Panama*. Smithsonian Miscellaneous Collection. 150(4).

Zavala G. y Gismondi, P. (2003). Variación de la riqueza y diversidad de la ornitofauna en áreas verdes urbanas de las ciudades de la Paz y El Alto (Bolivia). *Ecología en Bolivia*, 38 (1), 65-78. http://www.scielo.org.bo/pdf/reb/v38n1/a06_v38n1.pdf