



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA  
RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE GARZAS (AVES:  
ARDEIDAE) EN LA LAGUNA DE ALMOLOYA  
DEL RÍO, ESTADO DE MÉXICO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIÓLOGA**

**P R E S E N T A :**

**XÓCHITL GUADALUPE ROSALES ORTEGA**



**DIRECTORA DE TESIS:  
DRA. KATLHEEN ANN BABB-STANLEY  
STANLEY**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX.**

**2022**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi directora de tesis, la Dra. Kathleen Ann Babb-Stanley Stanley, por darme su tiempo, conocimientos, paciencia, guía y apoyo para realizar este proyecto, gracias por darme la oportunidad de continuar creciendo y aprendiendo.

Al M. en C. Noé Pacheco Coronel, por su apoyo técnico en el monitoreo de aves, por brindarme literatura y su acompañamiento en salidas de campo; además, por la donación de material fotográfico, así como por el gran respeto y escucha que me regaló ¡Mil gracias! siempre permanecerá en mi memoria como el gran profesor que es.

A los sinodales: Dr. Alejandro Villegas Castillo, M. en C. Arturo Olvera Vital y al M. en C. Noé Pacheco Coronel, por el tiempo y presteza para llevar a cabo la revisión de este trabajo.

A todos los integrantes del Laboratorio de Vertebrados, del Departamento de Biología Comparada de la Facultad de Ciencias, UNAM.

A Jordan Alain Juárez González por obsequiarme algunas de sus bellas fotografías para este proyecto.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a mi querida Facultad de Ciencias. No me alcanzan las palabras para expresar cuán afortunada soy por pertenecernos.

## **DEDICATORIA**

Para mi mami, cómplice y supervisora de mis sueños. Gracias por ser la fuente de mi fortaleza y mi refugio en la debilidad. Gracias por creer en mí y por tanto amor. Gracias por enseñarme a luchar por mis sueños y gracias por crear un mundo nuevo para mí y mis hermanas.

Para mi hermana Noemí, gracias por ser mi guía, mi ejemplo e impulso para ser mejor, gracias por tu protección y tanto apoyo.

Para mi hermana Mitzi, por la comprensión y confianza que siempre me brindas, gracias por cuidar de mí en momentos difíciles y por tantos desayunos especiales (fueron un impulso para seguir).

A Jordan Alain, con tu amor me diste esperanza e inspiración cuando estaba cansada para continuar, gracias por creer en mí y enseñarme a creer en mí misma.

A mi tío Cami, aunque te perdí en el camino, tus enseñanzas y amor siempre me cobijaron para continuar mi progreso, gracias por haber existido.

En representación de cada mujer abusada en la búsqueda de sus anhelos, por cada niña que ya no puede seguir soñando...

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>- 1 -</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>- 1 -</b>
<b>ANTECEDENTES</b>	<b>- 4 -</b>
Características de las garzas (Pelecaniformes: Ardeidae)	- 4 -
Clasificación de garzas	- 4 -
Hábitat y distribución de las aves de la familia Ardeidae	- 7 -
Interacción entre garzas y humanos	- 8 -
Importancia de los humedales para las garzas	- 9 -
Los humedales y su situación actual	- 11 -
<b>OBJETIVOS</b>	<b>- 13 -</b>
General	- 13 -
Particulares	- 13 -
<b>ÁREA DE ESTUDIO</b>	<b>- 14 -</b>
Características actuales de la cuenca del río Lerma-Santiago	- 14 -
Estado del agua de las Ciénegas del Lerma	- 16 -
Laguna de Almoloya del Río	- 17 -
<b>MÉTODOS</b>	<b>- 19 -</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>- 22 -</b>
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>- 38 -</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>- 42 -</b>
<b>Apéndice. Fichas de identificación de las Garzas (Aves: Ardeidae) Del Estado de México</b>	<b>- 57 -</b>
<i>Ardea alba</i> (GARZA BLANCA)	- 58 -
<i>Ardea herodias</i> (GRAN GARZA AZUL)	- 59 -
<i>Bubulcus ibis</i> (GARZA GANADERA)	- 61 -

<i>Egretta caerulea</i> (GARCETA AZUL)	- 62 -
<i>Egretta thula</i> (GARCETA BLANCA)	- 63 -
<i>Nycticorax nycticorax</i> (PERRITO DE AGUA)	- 64 -
<i>Botaurus lentiginosus</i> (AVETORO NORTEÑO)	- 65 -
<i>Ixobrychus exilis</i> (AVETORO MENOR)	- 66 -
<i>Nyctanassa violacea</i>	- 67 -

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

**Cuadro 1.** Clasificación taxonómica de las garzas (Ardeidae).

**Cuadro 2.** Especies de garzas registradas a nivel nacional.

**Cuadro 3.** Relación de características para forrajear y uso en el espacio de las garzas en los cuerpos de agua.

**Cuadro 4.** Promedio de individuos por año, especie y el valor de la prueba de Kruskal-Wallis corregida (Hc).

**Cuadro 5.** Correlaciones de Kendall's Tau entre las abundancias promedio por especie, puntos de conteo y años.

**Figura 1.** Fotografía, Ejemplar de garza blanca, *Ardea alba*.

**Figura 2.** Distribución mundial de la familia Ardeidae.

**Figura 3.** Localización de las Ciénegas del Lerma en el Estado de México.

**Figura 4.** Ubicación del área de estudio dentro de la Laguna de Almoloya del Río.

**Figura 5.** Curva de acumulación de especies por mes muestreado.

**Figura 6.** Porcentaje de frecuencia para cada una de las siete especies de garzas registradas en la laguna durante los tres años de muestreo.

**Figura 7.** Porcentaje de especies de garzas con respecto al número total de especies de aves acuáticas por mes y año.

**Figura 8.** Diagrama de caja y desviación estándar del promedio entre el número de individuos totales de garzas y el número de especies por año.

**Figura 9.** Porcentaje de individuos por mes y año de *Bubulcus ibis* (Bibis); del resto de las especies de garzas (Ardeidae) y de las otras aves acuáticas en la laguna de Almoloya.

**Figura 10.** Riqueza de especies de garzas por punto de conteo y por año.

**Figura 11.** Promedio de individuos por especie por mes.

**Figura 12.** Relación entre el logaritmo de la abundancia por especie (Ind Log) con el número de puntos de conteo que ocupa y su correlación.

**Figura 13.** Profundidad promedio del agua por punto de conteo en los años 2017, 2018 y 2019.

**Figura 14.** Distancia promedio en metros del punto de conteo a la zona inundada de la laguna en los años 2017, 2018 y 2019.

**Figura 15.** Porcentaje de cambio entre años en la riqueza y abundancia de garzas.

**Figura 16.** Porcentaje de cambio de cada especie de garza entre años.

**Figura 17.** Dendrograma cuantitativo por el índice de distancia euclidiana con las características de los 16 puntos de conteo muestreados.

**Figura 18.** Arreglo multidimensional MSD de las siete especies de garzas y sus abundancias por punto de conteo, mes y año.

## RESUMEN

El trabajo se efectuó durante tres años (2017, 2018 y 2019) con las poblaciones de garzas que hacen uso de la laguna de Almoloya del Río. Se obtuvo una riqueza de siete especies de garzas: *Ardea alba*, *Ardea herodias*, *Bubulcus ibis*, *Butorides virescens*, *Egretta thula*, *Egretta caerulea* y *Nycticorax nycticorax*, estas dos últimas, con presencia menor al 35% a lo largo de los tres años, mientras que las garzas con el 100% de frecuencia fueron *A. alba* y la más abundante fue *B. ibis*. La abundancia de *B. ibis* tendió a ser inversa a las del resto de garzas presentes en la laguna, lo que podría indicar una competencia interespecífica entre las especies de garzas. La riqueza entre años, meses, y entre puntos de conteo mostró variaciones. El cambio de riqueza de especies entre 2018 al 2017 resultó negativo, lo que indica una pérdida de especies del 16%. El análisis MSD indicó que las especies hacen un uso espacio temporal distinto entre ellas y entre años, siendo 2017 un año con mayores variaciones en los índices de riqueza y abundancia. Los cambios registrados en los tres años indican fluctuaciones relevantes en las poblaciones de estos ardeidos cuyas causas requieren de llevar a cabo monitoreos a mediano y largo plazo, para contar con las bases para el manejo de esta ciénega y de sus recursos faunísticos.

Palabras clave: *Almoloya*, *Ardeidae*, *garzas*, *riqueza*, *Río Lerma* y *patrones espacio temporales*.

## **INTRODUCCIÓN**

La pérdida de los hábitats es el principal factor que reduce la biodiversidad ocasionando la extinción de especies. Esto ocurre debido al cambio drástico en el uso del suelo principalmente (UICN, 2021). A nivel mundial, los humedales son de los ecosistemas terrestres más productivos que actualmente están viéndose muy reducidos y alterados por las actividades humanas (Keddy, 2000). Esta tendencia continúa, a pesar de que estos ecosistemas coadyuvan al mantenimiento de diversos servicios ambientales y ofrecen beneficios económicos a las comunidades humanas (Wetlands International, 2020).

De la fauna en humedales, destacan las aves de hábitos acuáticos por ser un grupo que requiere de estos ambientes para llevar a cabo su ciclo de vida, cumpliendo distintas funciones como consumidoras, modificadoras del ambiente y aportando materia orgánica (Keddy, 2000). La abundancia y riqueza de las aves en humedales se asocian a las características locales y a los propios requerimientos de cada ave; como es el caso de las garzas, una familia distintiva y común de aves vadeadoras adaptadas a ambientes acuáticos en los cuales tienen un papel ecológico relevante y se consideran indicadores de las condiciones ambientales (Kushlan, 2019).

La porción inicial de la Cuenca Alta del Río Lerma (CARL), es un ejemplo de ambientes acuáticos usados por las garzas al sur del Estado de México. En ella, se ubican tres ciénegas, que desde tiempo atrás se encuentran bajo presión tanto por el cambio en el uso del suelo, con fines agrícolas y urbanos, como por la extracción del agua, poniendo en riesgo a una gran diversidad de especies de vertebrados terrestres y acuáticos que dependen de estos hábitats (Babb-Stanley y Pacheco, 2019). De estas tres ciénegas, la primera corresponde a la Laguna de Almoloya.

En este trabajo se estudiaron las aves de la familia Ardeidae para evaluar su uso, espacio temporal y su influencia en algunas características lacustres de la Laguna de Almoloya. La elección se basó en la alta dependencia de estas aves a humedales, por lo que puede ser un grupo indicador de condiciones ambientales apropiado. El conocimiento de este estudio a mediano y largo plazo, nos permitirá contar con elementos para mejorar las prácticas de manejo y conservación de este humedal.

## ANTECEDENTES

### Características de las garzas (Pelecaniformes: Ardeidae)

Las garzas se agrupan dentro de la familia Ardeidae, en el clado o subgrupo Aequornithes que incluye a: Procellariiformes, Sphenisciformes, Ciconiiformes, Suliformes y Pelecaniformes (cuadro 1) donde se incluyen a dos taxa hermanos, las garzas (Ardeidae) y los ibis (Threskiornithidae).

**Cuadro 1.** Clasificación taxonómica de las garzas, familia Ardeidae (Gill y Rasmussen, 2021).

Clasificación de garzas	
Clase	Aves
Subclase	Neornithes
Infraclase	Neognthae
Superorden	Neoaves
Clade	Aequornithes
Orden	Pelecaniformes
Familia	Ardeidae

Las garzas (Ardeidae) conforman una familia monofilética de 72 especies y 19 géneros de muy diversas estrategias de vida (Prum et al., 2015). La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) presentó un registro en la república mexicana de 16 especies de garzas hasta el año 2020, mientras que, a nivel estatal, para el Estado de México hubo un reporte de doce especies tanto residentes como migratorias (Babb-Stanley, 2003) (Cuadro 2); de las cuales seis se encuentran en alguna categoría de riesgo en México (NOM 059-2010). Rangel (2014) reporta una riqueza de siete especies de garzas en la laguna de Almoloya del Río, siendo estas *Ardea herodias*, *Ardea alba*, *Bubulcus ibis*, *Butorides virescens*, *Egretta thula*, *Egretta tricolor* y *Nyctanassa violacea*.

La familia Ardeidae es una familia de aves característica por tener patas, cuerpo y cuello relativamente alargados, pico largo y puntiagudo, alas redondeadas, cola corta, uña pectinada en el tercer dedo, con parches de plumas de polvo o del talco en la parte baja del abdomen y la parte inferior de la tibia tarso desnuda en la mayoría (Figuras 1 y 2), un vuelo característico, con el cuello doblado en forma de “s” (Gill y Rasmussen, 2021).

Algunas garzas presentan una modificación en las vértebras cervicales, en la quinta, sexta y séptima, así como músculos altamente desarrollados en el cuello que forma una figura curva, cuatro dedos largos y delgados, tres ubicados sobre un mismo plano y uno dirigido hacia atrás con una corta membrana entre ellos. También tienen una alta capacidad para mover los ojos, diez plumas primarias bien desarrolladas (nueve en la garza pico de bote, *Cochlearius cochlearius*) y una pequeña primaria, así como 12 plumas caudales (Jiménez et al., 2016).

Por otro lado, el plumaje es de textura laxa, puede ser blanco, gris, azulado, parduzco o purpúreo, con patrones simples, los colores del pico, piel de la cara y las patas comúnmente cambian en diferentes épocas, no hay dimorfismo sexual, aunque los machos generalmente son más grandes (Jiménez et al., 2016).

**Cuadro 2.** Especies de garzas registradas a nivel nacional; Avibase, 2020; CONABIO, 2020; Babb-Stanley, 2003; NOMECOL059, 2010). A= Especie amenazada, P= En peligro de extinción, Pr= Especies sujetas a protección especial y Sc= Sin clasificación y Per= permanencia, además se indica si las especies son residentes y/o mi= migratorias.

Especie	NOMECOL-059 2010	ER	Presencia en el Edo. México	Presencia en la Laguna de Almoleya
<i>Botaurus pinnatus</i>	A	R	No	No
<i>Botaurus lentiginosus</i>	A	MI, R	Sí	No
<i>Ixobrychus exilis</i>	r	I,R	Sí	No
<i>Tigrisoma mexicanum</i>	Pr	R	Sí	No
<i>Ardea herodias</i>	sc	MI,R	Sí	Sí
<i>Ardea alba</i>	sc	MI,R	Sí	Sí
<i>Egretta thula</i>	sc	MI,R	Sí	Sí
<i>Egretta caerulea</i>	sc	MI,R	Sí	Sí
<i>Egretta tricolor</i>	sc	MI,R	Sí	Sí
<i>Egretta rufescens</i>	P	MI,R	Sí	Sí
<i>Bubulcus ibis</i>	sc	R,MI	Sí	Sí
<i>Butorides virescens</i>	sc	R,MI	Sí	Sí
<i>Agamia agami</i>	Pr	R	No	No
<i>Nycticorax nycticorax</i>	sc	R,MI	Sí	Sí
<i>Nyctanassa violacea</i>	sc	R,MI	Sí	Sí
<i>Cochlearius cochlearius</i>	sc	R	No	No



**Figura 1.** Ejemplar de garza blanca, *Ardea alba*. Fotografía de Jordan Juárez.

### **Hábitat y distribución de las aves de la familia Ardeidae**

Las garzas, son generalistas, mayoritariamente habitan pantanos, estuarios, bordes de lagos y ríos, zonas intermareales y algunas habitan pastizales (Jiménez et al., 2016). Son comunes y muchas de ellas de amplia distribución (Figura 2) tanto en ambientes naturales como aquellos transformados para la agricultura o zonas urbanas (Block y Brennan, 1993). Se alimentan preferentemente de peces, crustáceos, insectos o algún otro tipo de animal pequeño (McKilligan, 2005).



**Figura 2.** Distribución mundial de la familia Ardeidae (Winkler et al., 2019).

### **Interacción entre garzas y humanos**

La historia entre las garzas y los humanos, abarca al menos 4,000 años. Se volvieron simbólicas para diversas culturas debido a su conspicuidad y comportamiento. Hay diversos indicios sobre de la relación entre garzas y poblaciones humanas, por ejemplo en los jeroglíficos egipcios como símbolo de alerta, o en la mitología griega, donde se consideraban como mensajeros de Atenea (Kushlan, 2019; Jashemski y Meyer, 2002).

Por otro lado, actualmente en China, Malí, Madagascar, India y el sur de Europa se cazan las garzas con el objetivo de evitar que estas aves consumen peces de interés comercial y para emplear sus plumajes con fines decorativos y ceremoniales (Kushlan, 2019; Hafner y Kushlan,

2000). Estas actividades preocuparon a la fundación National Audubon Society cuyo símbolo es una garza la cual inició programas de restablecimiento de la mayoría de las poblaciones de garzas mediante la protección y difusión del conocimiento sobre las aves (Graham, 1990; Kushlan, 2019). El conocimiento y relevancia de las garzas no escapa a las diversas culturas Mesoamericanas, destaca el valor que tenían las garzas en la cultura Mexica, donde figuran en su historia, siendo Aztlán (“el lugar de la garza”) su lugar de origen, el cual se ubicaba en el actual municipio de San Blas, en el estado de Nayarit (Andrew, 2003; Kushlan, 2019).

De acuerdo con la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), hasta el año 2020 se reportan cinco especies de garzas extintas, una especie en peligro crítico, cinco especies amenazadas y tres en estado vulnerable (Billerman y Lovette, 2020; Winkler, 2020).

### **Importancia de los humedales para las garzas**

Debido a su dependencia con los humedales, especificidad y longevidad, las garzas se han propuesto repetidamente como indicadores adecuados de las condiciones ambientales, particularmente en los humedales (Kushlan, 2019). Ciertamente, si las poblaciones de garzas disminuyen, indica un cambio en el ambiente (Kushlan, 2019).

Los requisitos del hábitat para la alimentación de las garzas son variados, diversos y complejos, por lo que, si queremos preservar o restablecer las poblaciones locales, necesitamos una buena comprensión de su ecología. Esto porque las garzas necesitan lugares seguros para descansar y anidar (Cuadro 3), debido a que con mayor frecuencia usan vegetación que ocurre en

los humedales. Muchas especies tienen requisitos similares de descanso y anidación y se encuentran compartiendo estos recursos en grandes colonias (McKilligan, 2005).

**Cuadro 3.** Relación de características para forrajear y uso en el espacio de las garzas en los cuerpos de agua (McKilligan, 2005).

Especies	Longitud (centímetros)	Forrajeo (centímetros)	Uso de espacio en cuerpos de agua
Pequeñas			
<i>Butorides virescens</i>	41-45 cm	15 cm	
<i>Egretta caerulea</i>	56-74 cm	17 cm	Borde o poco profundo
<i>Egretta thula</i>	56-66 cm	17 cm	
<i>Bubulcus ibis</i>	46-56 cm	16 cm	Varios
<i>Nycticorax nycticorax</i>	41-46 cm	15 cm	Borde
Medianas			
<i>Egretta tricolor</i>	60-70 cm	18 cm	Poco profundo
Grandes			
<i>Ardea alba</i>	94- 104 cm	39 cm	Agua poco profunda o profundo
<i>Ardea herodias</i>	97-137 cm	39 cm	Poco profundo y abiertas

La salud y la persistencia de los humedales poco profundos son importantes por varias razones, tienen una alta biodiversidad, traen beneficios económicos a las comunidades rurales, y brindan servicios ambientales. Dichos humedales son el hogar de gran parte de la vida de plantas

únicas del mundo, cuando perdemos un humedal perdemos una miríada de especies, incluidas las garzas (McKilligan, 2005).

### **Los humedales y su situación actual**

Los humedales deben tener uno o más de estos tres atributos: el suelo o sustrato debe estar saturado de agua de manera temporal o permanente, presentar una lámina o capa de agua poco profunda o agua subterránea próxima a la superficie del terreno, ya sea permanente o temporal y al menos periódicamente, el terreno debe mantener predominantemente una vegetación acuática o hidrófila (Landgrave y Moreno, 2011).

Los cuerpos de agua proporcionan gran cantidad de recursos (madera, miel, plantas comestibles y medicinales, etc.) y servicios ambientales (control de inundaciones, captura de carbono y refugio para especies silvestres (Gosselink, 2000; Landgrave y Moreno, 2011), esto deja en claro la gran relevancia de estos ecosistemas tanto para actividades humanas como refugio de especies biológicas.

Pese a la gran importancia de los humedales, estos ecosistemas se han visto amenazados, prueba de ello es que a nivel mundial se reporta gran reducción y degradación de dichos hábitats, Estados Unidos de América ha perdido 53% de sus humedales, Australia alrededor del 50%, China 60%, Nueva Zelanda y Europa más de 90% (Gosselink y Mitsch, 2000;). Mientras que en México se ha perdido aproximadamente el 62.1%, lo cual equivale a 69,684 km<sup>2</sup>, mientras que en el Estado de México ha perdido aproximadamente el 80% del territorio total de humedales, equivalente a 19,672 ha (Landgrave y Moreno, 2011).

Debemos señalar que el conocimiento de la riqueza, abundancia y uso espacio temporal de las garzas en la laguna es importante porque permite tener una base científica para conservación de áreas, hábitats y especies prioritarias (Ceballos, 2003; Babb-Stanley y Pacheco, 2019).

En la actualidad se ha presentado un marcado proceso de urbanización en las zonas cercanas a las cuencas de agua (Rodríguez, 2014). Por ello en el año 2002, La Laguna de Almoloya del Río fue declarada Área Natural Protegida federal con categoría de Área de Protección de Flora y Fauna, mientras que las Ciénegas del Lerma tienen una designación internacional como sitio de importancia internacional para la conservación de las aves migratorias (Sitio RAMSAR) y son consideradas como Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México (AICA) (CONANP, 2020).

## **OBJETIVOS**

### General

Analizar los patrones de riqueza, abundancia relativa y uso espacio-temporal de las especies de garzas (Aves: Ardeidae) y su relación con características de la laguna de Almoloya del Río, Estado de México durante 2017, 2018 y 2019.

### Particulares

- a) Obtener y comparar la riqueza y abundancia relativa, por mes y por puntos de conteo de las especies de garzas en la laguna del año 2017 al 2019.
- b) Comparar el porcentaje de frecuencias entre las especies de garzas registradas en los tres años.
- c) Conocer los patrones de uso espacio temporal de las garzas en el área de estudio.

## **ÁREA DE ESTUDIO**

### **Características actuales de la cuenca del río Lerma-Santiago**

La cuenca hidrológica más importante del centro del país es el sistema hidrológico Lerma-Santiago. Esta cuenca estaba constituida por una serie de lagunas escalonadas formadas por erupciones volcánicas recientes, que fueron responsables de la sedimentación y depósito de grandes acarreos (Ceballos, 2003).

Pese al marcado deterioro de la cuenca hidrológica de Lerma, aún es posible encontrar remanentes de grandes cuerpos de agua, un ejemplo de ello es la laguna de Almoloya o laguna de Chiconahuapan. Este cuerpo de agua conforma las Ciénegas del Lerma en conjunto con las lagunas de Chimaliapan o Lerma y Chignahuapan o Atarasquillo (Ceballos, 2003). En el año 2003, se reportó que las Ciénegas de Lerma cubrían una extensión de 3023 ha (Ceballos, 2003) en conjunto, mientras que la laguna de Almoloya abarcaba hasta entonces 596 ha (CONAGUA, 2017).

Las Ciénegas del Lerma son un conjunto de humedales de agua dulce ubicados al oriente del Valle de Toluca (CONANP, 2020). Pertenecen a la provincia biótica volcánica-transversal que se caracteriza por tres fenómenos fisiográficos, altitud que en su mayor parte es superior a los 2000 m.s.n.m., considerable número de depósitos lacustres, activo vulcanismos y procesos orogénicos. Todo ello hace de esta provincia un variado mosaico de climas, vegetación y fauna extremadamente complejos (Babb-Stanley, 2003).

Estas ciénegas se extienden en los municipios de Lerma, Santiago Tianguistenco, Almoloya del Río, Capulhuac, San Mateo Atenco, Metepec y Texcalyacac, en el Estado de

México (CONANP, 2017), en el curso alto del Río Lerma entre las coordenadas extremas 19° 08' 76" y 19° 21' 25" de latitud Norte y los 99° 29' 21" y 99° 31' 08" de longitud Oeste, entre los 2 560 y los 2 580 msnm (Gómez et al., 2012) En la figura 3 se muestra la localización de las Ciénegas del Lerma en el Estado de México; mismas que forman parte de la porción inicial y de la Cuenca Alta del río Lerma (CARL) (Rodríguez, 2014).

La Cuenca Alta del Río Lerma también es un importante abastecedor de agua de la Ciudad de México (Cedeño y Torres, 2013) desde el año de 1942, cuando se inició la construcción de un extraordinario acueducto durante la presidencia del general Manuel Ávila Camacho. Este acueducto va desde la población de Almoloya del Río hasta la Ciudad de México (Maderey, 2000), y representó una notable modificación del ciclo de agua que tuvo como resultado la desecación de lagunas cuyos derrames daban a la parte baja de la cuenca y el nacimiento del Río Lerma (Maderey, 2000). La desecación de los cuerpos de agua trajo consigo la necesidad de reducir el volumen de agua extraída para abastecer a la Ciudad de México (Maderey, 2000), por lo que actualmente, el agua de la cuenca alta del río Lerma se destina principalmente para uso agrícola.

La Cuenca Alta del Río Lerma (CARL) cuenta con una gran diversidad de especies de fauna silvestre, tanto terrestres como acuáticas, Muchas de ellas endémicas y categorizadas con algún grado de riesgo (UICN, 2022), como la polluela amarilla (*Coturnicops noveboracensis goldmani*), el pachachirri o mascarita transvolcánica (*Geothlypis speciosa*), el ajolote de Lerma (*Ambystoma lermaense*) y el pez blanco (*Medina riojai*). La cuenca constituye el hábitat invernal de más de veinte especies de patos y cercetas migratorias, las cuales conforman una de las mayores concentraciones del Altiplano Central de la República Mexicana (CONANP, 2017).

Para muchas de estas aves migratorias, CARL representa un sitio de tránsito, descanso y recarga de energía en su viaje a destinos sureños, por lo que durante el otoño e invierno puede apreciarse una alta dinámica en la composición y abundancia de especies. En tanto, para otras aves, las Ciénegas del Lerma son su destino final para pasar el invierno y donde completarán alguna fase de su ciclo biológico (CONANP, 2020).

Pese a la notable importancia de la conservación de los últimos remanentes de cuerpos de agua de México, en la actualidad se ha presentado un marcado proceso de urbanización, que habla de la problemática que existe en la mayor parte de las cuencas mexicanas, debido al intenso crecimiento de poblaciones humanas y el consecuente incremento en la demanda de servicios, entre los que destaca el agua (Rodríguez, 2014).

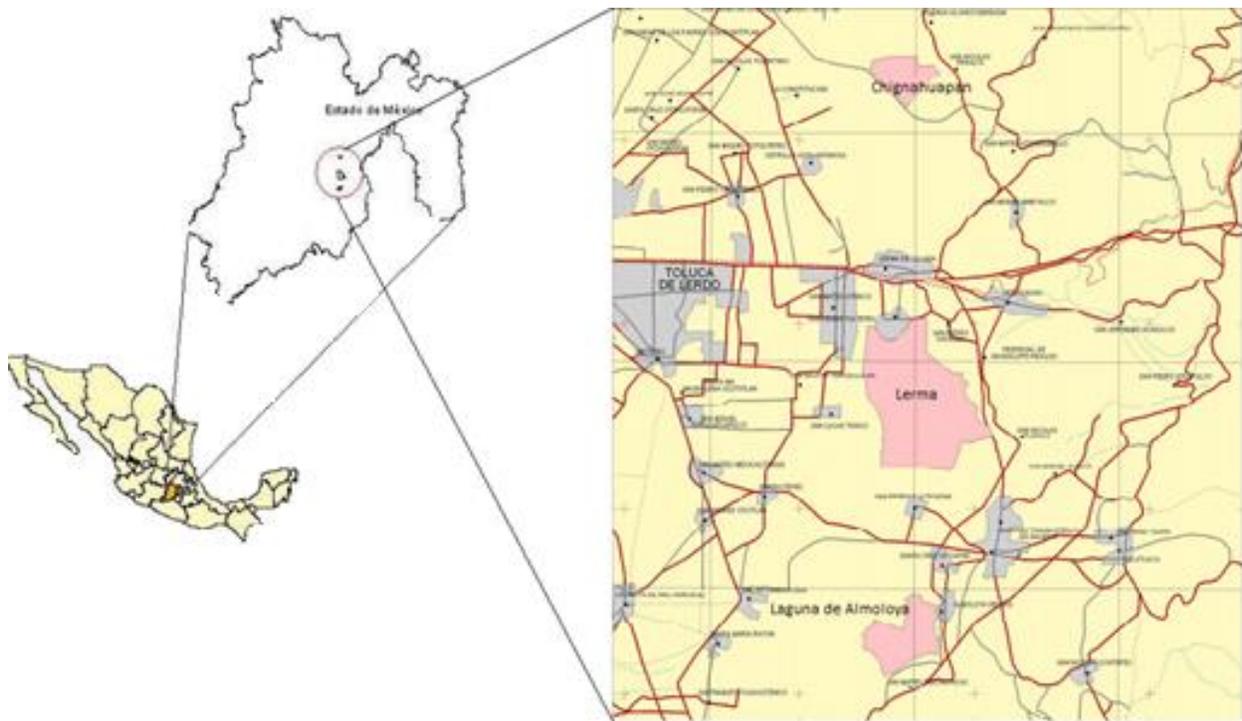
### **Calidad del agua de las Ciénegas del Lerma**

Diversos autores han indicado un alto grado de vulnerabilidad en los cuerpos de agua en la cuenca alta del río Lerma. La subcuenca del río Lerma ha estado sometida a procesos de contaminación severos originados por el complejo industrial localizado en el municipio de Lerma, y por el desalojo de los drenajes de varias poblaciones cercanas al río de la subcuenca (Cedeño y Torres, 2013) así como por las actividades de captura de agua que se dieron entre los años 1942 y 1980 en los manantiales de los municipios de Almoloya del Río, Texcaltengo, Alta Empresa y Ameyalco con la finalidad de abastecer a la Ciudad de México. Además, se ha hecho evidente que a lo largo del río Lerma, la calidad del agua, se ha deteriorado a niveles alarmantes ya que se ha detectado la presencia de metales en el agua, como el cromo y zinc, entre otros;

provocando eutrofización así como la desaparición de especies (Montes de Oca et al., 1996; Rangel, 2014).

### **Laguna de Almoloya del Río**

El área de estudio se ubica entre los municipios de San Mateo Texcalyacac y Almoloya de Río, en la zona centro y norponiente del Estado de México. En la figura 3 se ilustra la ubicación de la Laguna de Almoloya del Río; así como las otras dos ciénegas que forman parte del conjunto de las Ciénegas de Lerma, (la Laguna de Chignahuapan y la Laguna de Lerma). Mientras que en la figura 5 se indica el borde de la laguna que fue muestreado durante este estudio a lo largo de un transecto de 4 km.



**Figura 3.** Localización de las Ciénegas de Lerma en el Estado de México (CONANP y SEMARNAT, 2018), se indica la Laguna de Almoloya en la porción inferior de la figura.



**Figura 4.** Ubicación del área de estudio dentro de la Laguna de Almoloya del Río, se indica el transecto (línea gruesa) de 4 km al borde de los municipios de Texcalyacac y Almoloya del Río (CONANP y SEMARNAT, 2018)

## MÉTODOS

Este estudio se realizó a partir de 2017 a 2019; en 9 muestreos efectuados en los meses de enero, septiembre, y noviembre de 2017, así como enero, mayo, junio y diciembre del 2018, septiembre y noviembre del año 2019 (un día en cada mes).

Se realizaron observaciones en 16 puntos circulares de conteo (de 20 m de diámetro) separados por 250 metros a lo largo del borde noroeste de la laguna (estos puntos de conteo fueron medidos y señalizados previamente), abarcando un transecto de 4 km según lo recomendado por Bibby et al (2000) (Figura 4). En cada punto de conteo se cuantificaron e identificaron todas las especies de garzas. Incluyendo otras aves acuáticas observadas durante un periodo de 20 minutos (EPA 2002), estos conteos se realizaron entre las 6:00 a las 13:00 horas tomando en cuenta que la mayoría de las aves acuáticas de nuestro interés son diurnas y tienen mayor actividad durante las primeras horas del día (Bergman et al., 2013).

Las observaciones se realizaron con binoculares marca Bushnell de 10 x 50 mm, se hizo uso de guías de identificación de aves para determinar la especie (Robbin, 1983; Howell y Webb, 1995; Perlo, 2006; Dunn, 2017) y la aplicación móvil “Merlin Bird ID” (Cornell Lab of Ornithology, 2014). Para cada observación se registró la hora, la especie y el número de individuos.

Para relacionar la riqueza y abundancia de las garzas con algunas de las características de la laguna se registró en cada punto de conteo (en cada muestreo) el tipo de suelo (arena, limo, rocas), presencia de cobertura de tular, de pastizal, de vegetación monocotiledónea, de árboles y

arbustos de altura entre uno a cinco metros, así como la presencia de cultivos de maíz, sorgo y otros, además de la distancia en metros del punto de conteo al cuerpo de agua y profundidad del agua y calidad del agua, midiendo esto como: limpia, turbia o con residuos) (EPA 2002).

Con los datos recabados durante los muestreos, se realizó una curva de acumulación de especies con un estimador de Chao. Además, se calculó el porcentaje de ocasiones que se avistó cada especie, considerando esta como el porcentaje de veces en que se registró cada una de las especies en los 9 muestreos. También se consideró la riqueza por mes, punto de conteo y por año. Se realizó un diagrama de caja de las abundancias de garzas por año. Se estimó el porcentaje de individuos que representa cada especie de garza avistada en la laguna *Bubulcus ibis*, *Ardea alba*, *Ardea herodias*, *Egretta caerulea*, *Egretta thula*, *Nycticorax nycticorax* y *Butorides virescens* con respecto al total de las aves acuáticas registradas.

Dado que los datos obtenidos tienden a no presentar una distribución normal, se realizaron pruebas de Kruskal Wallis corregida buscando determinar si existen diferencias significativas ( $\alpha < 0.05$ ) entre la riqueza y abundancias por año de cada especie de garzas. Se usaron correlaciones de Kendall's Tau con la finalidad de saber si hay relación entre el número total de especies de garzas y entre las especies de aves acuáticas, por mes y año.

Se analizó la ocupación de cada especie ( $\log_{10}$  del número de puntos de conteos ocupadas por especie) y el  $\log_{10}$  de sus abundancias por años, para conocer si hay relación directa entre la ocupación de la orilla con los individuos, como una medida de persistencia.

Con la finalidad de conocer el grado de similitud en el uso espacio temporal (transformadas a logaritmo, para unificar los datos), se efectuó un análisis de similitud por distancia euclidiana, para posteriormente realizar un dendrograma correspondiente por medio de la media aritmética por las garzas y su relación con las características tomadas en cada punto de conteos por mes y años.

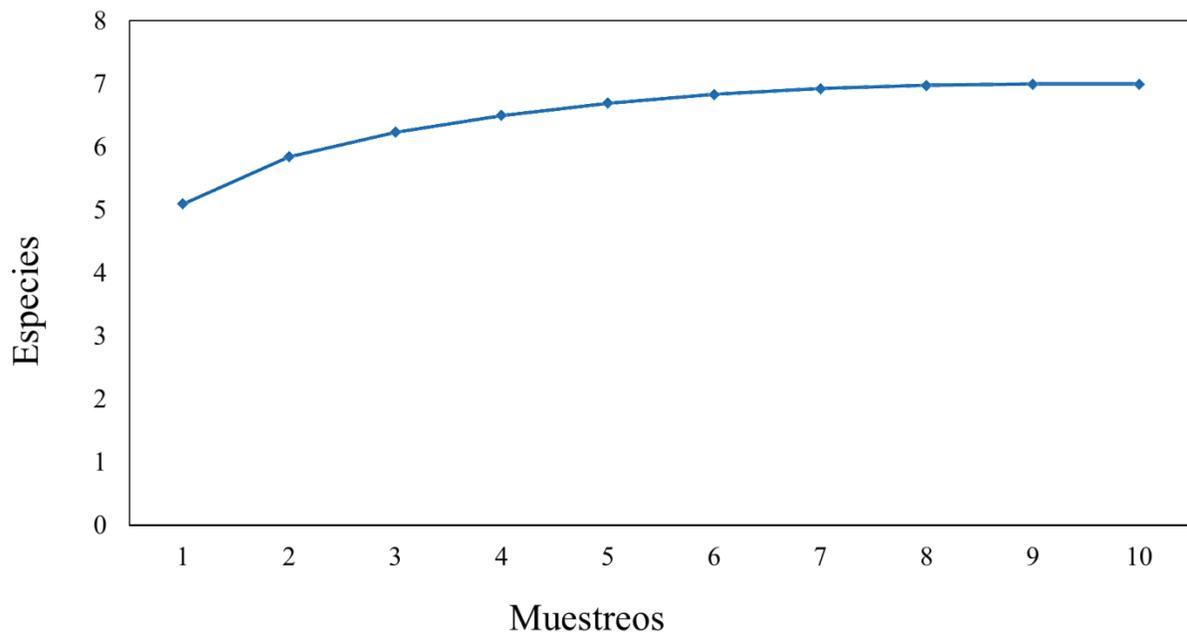
Para cuantificar las variaciones en la riqueza y abundancia entre años y especies (porcentaje de cambio), se consideraron los cambios que han tenido las especies del 2019 con respecto al 2017, por lo que se calculó la diferencia:  $A_2 - A_1$ . Siendo  $A_2$  la abundancia relativa de una especie en el segundo año  $A_1$  la abundancia relativa en el primer año. El cambio total es la diferencia entre años consecutivos y el porcentaje de cambio será esta diferencia por 100 y entre las abundancias totales, obteniéndose valores positivos (aumento), cero (sin cambios) y negativos (pérdidas) (Sauer et al., 1996).

Como una forma de visualizar los cambios espacio temporales en las abundancias por especie, punto de conteo, mes y año se realizó un análisis de escala multidimensional (MSD), para lo cual se obtuvo primero la matriz de disimilitud Euclidiana, estandarizando los datos por el método Kruskal y con regresión monotónica (Zar, 1999). Cabe mencionar que todos los análisis se efectuaron con el programa PAST versión 4.3.

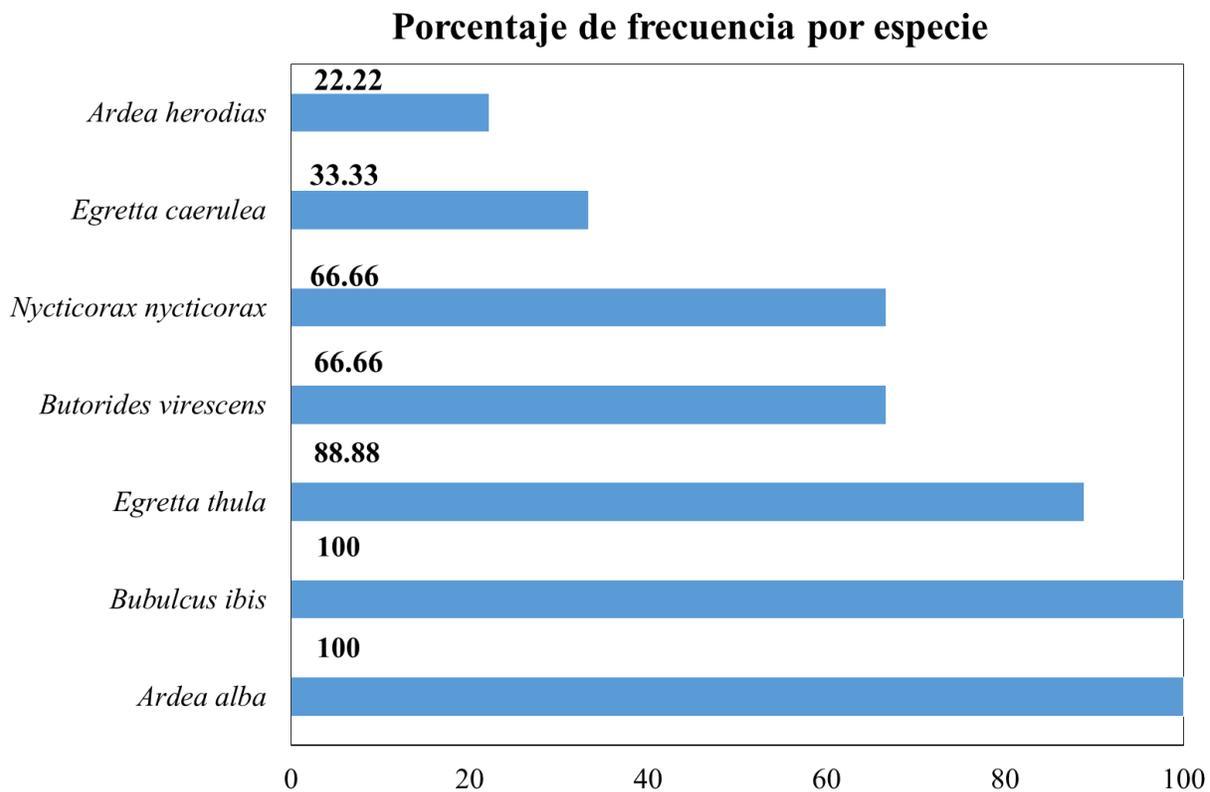
Por último, se elaboró una ficha de identificación de cada especie de garza presente en el Estado de México y sus características generales, preferencias de uso de la laguna, para contar con la información necesaria y elaborar carteles que puedan servir en la difusión de recursos avifaunísticos en México.

## RESULTADOS

La curva de acumulación de especies reflejó que el esfuerzo de colecta fue representativo ya que a partir del octavo muestreo, la curva se estabilizó alcanzando un máximo de siete especies (Figura 5), mismas que se registraron en este estudio. Por otro lado, *Ardea alba* y *Bubulcus ibis* fueron registradas a lo largo de todo el monitoreo; *Ardea herodias* sólo se registró el 22.22% de las veces durante el 2017 y *Egretta caerulea* se observó en el 33.33% de las veces en solo dos años, mientras que *Nycticorax nycticorax* y *Butorides virescens* tuvieron una frecuencia del 66.66% y *Egretta thula* de 88.88% (Figura 6).

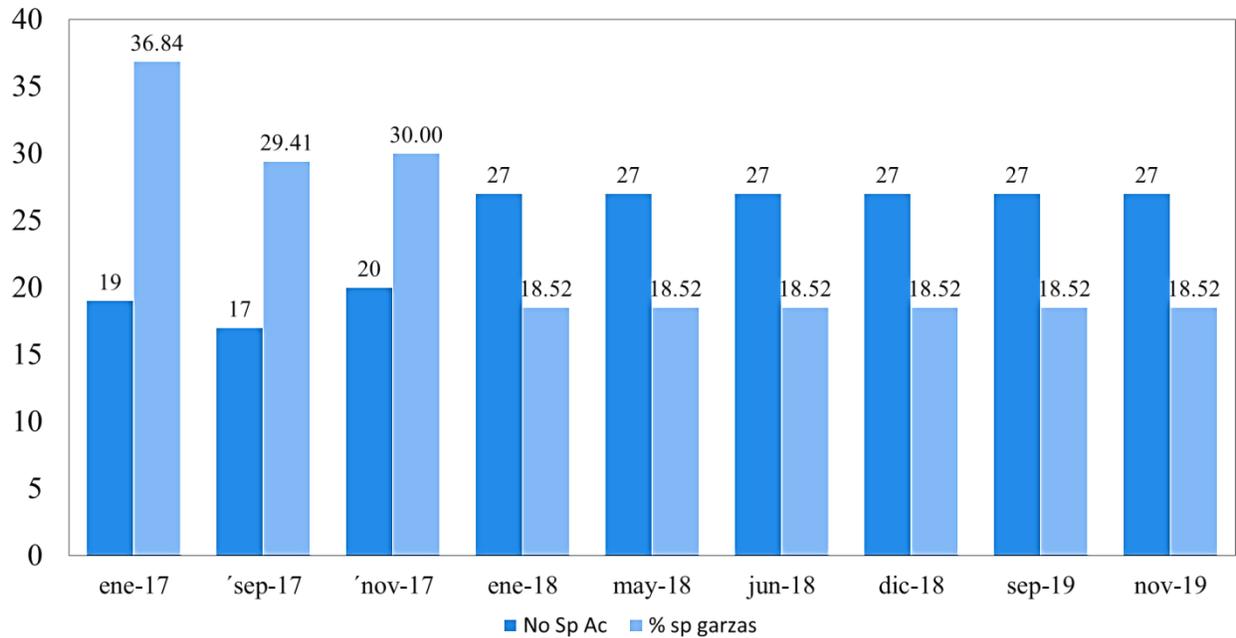


**Figura 5.** Curva de acumulación de especies por mes muestreado. Se indican 10 muestreos a lo largo de tres años consecutivos.



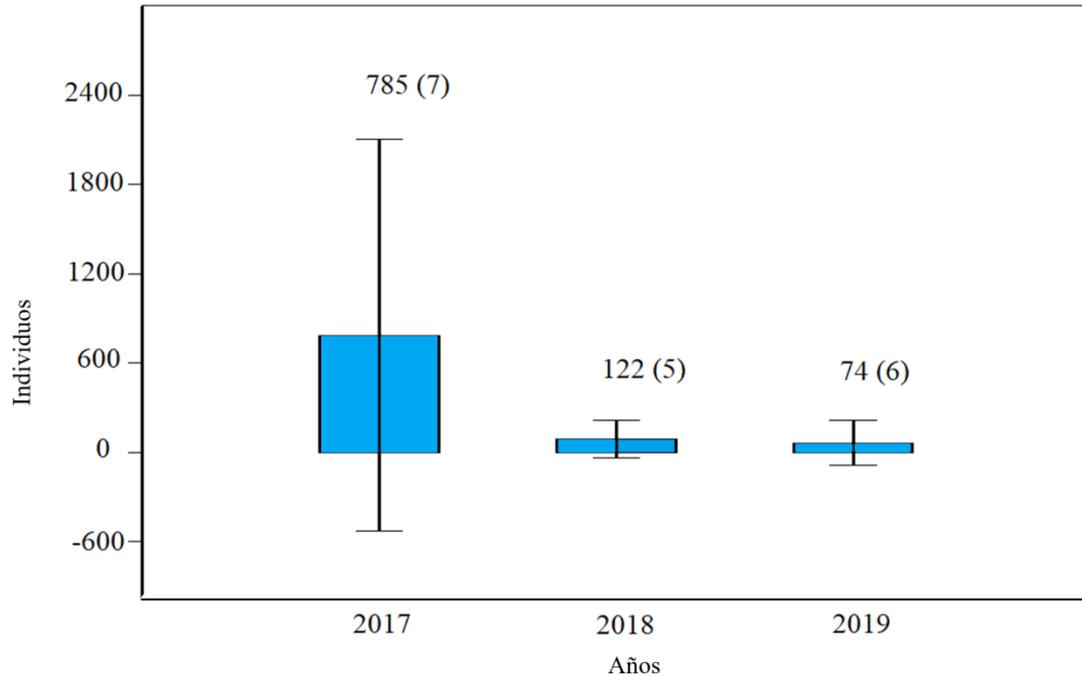
**Figura 6.** Porcentaje de frecuencia para cada una de las siete especies de garzas registradas en la laguna durante los tres años de muestreo.

Durante el 2017 se detectaron siete especies de ardeidos (*Ardea herodias*, *Egretta thula*, *Nycticorax nycticorax*, *Butorides virescens*, *Egretta caerulea*, *Bubulcus ibis* y *Ardea alba*), mientras que en el 2018 se observaron cinco y durante el 2019 se registraron seis especies. Las siete especies de garzas representaron el 36.84% del total de las especies de aves de hábitos acuáticos (Figura 7).



**Figura 7.** Porcentaje de especies de garzas (% sp garzas) con respecto al número total de especies de aves acuáticas (No Sp Ac) por mes y año.

Se contaron un total de 18,590 aves de hábitos acuáticos, de las cuales 980 fueron garzas, equivalente al 5.2% de individuos de aves acuáticas de la laguna. Durante el 2017 se registró la mayor abundancia de ardeidos, mientras que, durante el 2019 se tuvieron menores abundancias en la laguna (Figura 8).

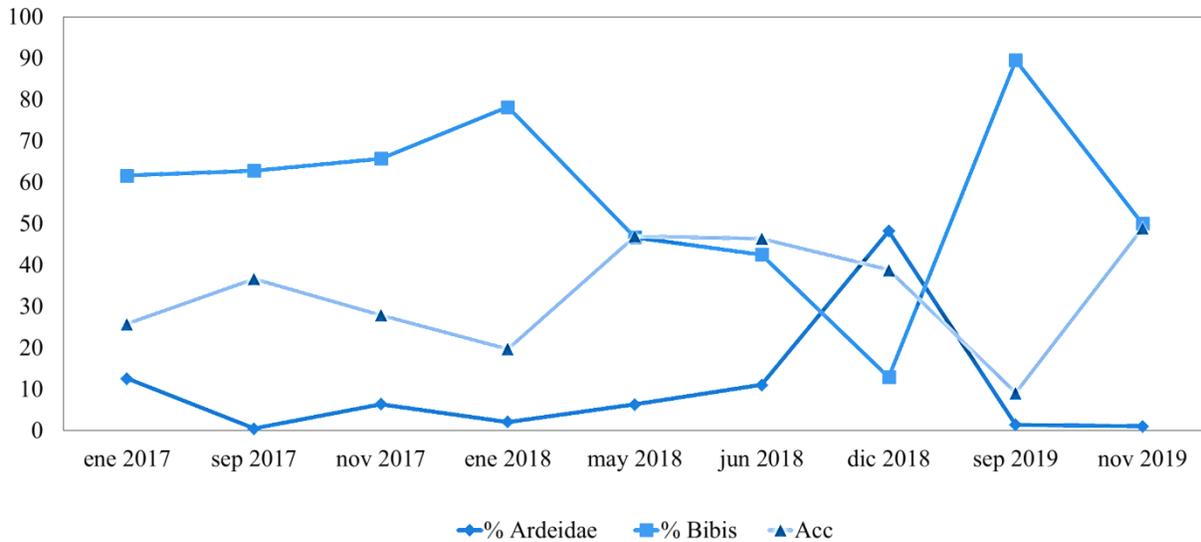


**Figura 8.** Diagrama de caja y desviación estándar del promedio entre el número de individuos totales de garzas y el número de especies por año.

Cabe resaltar que a pesar de que el 2017 fue el año con más individuos contados, es el año que tiene mayor variación en las abundancias (la desviación estándar es mayor); Por el contrario, el año 2018, presentó cifras más cercanas al promedio, al igual que el año 2019; esto indica que durante los muestreos realizados en el 2017 hubo menor uniformidad en las abundancia de cada mes contrario a los años 2018 y 2019, cuando las abundancias fueron más estables a lo largo de esos años. Resalta que, conforme hay mayor abundancia de garzas, la riqueza de las demás aves acuáticas tiende a disminuir (prueba de correlación de Kendall's Tau= -0.685).

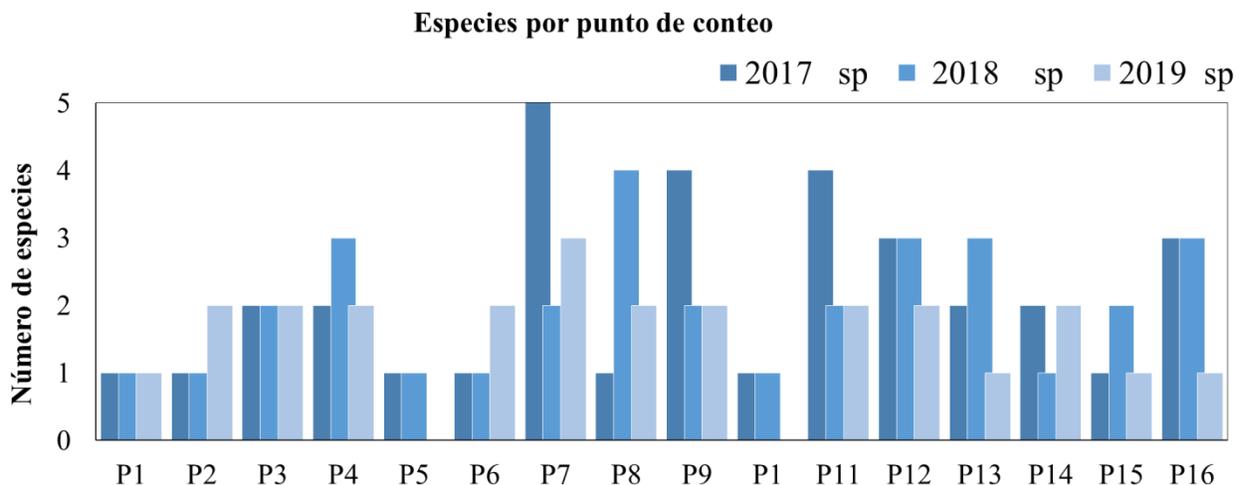
Las abundancias de *Bubulcus ibis* representaron el 89% del total de las abundancias de todas las garzas, y fluctuaron entre meses para incrementar considerablemente en septiembre del

2019. Cabe resaltar que sus abundancias tienden a ser inversas a las abundancias del resto de ardeidos observados en la laguna (Correlación Kendall's Tau= -0.769) (Figura 10).



**Figura 9.** Porcentaje de individuos por mes y año de *Bubulcus ibis* (% B.ibis); de garzas (% Ardeidae) y del resto de las especies de aves acuáticas (Ac) en la laguna de Almoloja.

Al analizar la riqueza y abundancia de ardeidos por punto de conteo, resalta que es en enero del 2017 y en los puntos de conteo, 7, 9 y 14 cuando se registra la mayor abundancia, la riqueza promedio de estos puntos fue de 3.33 especies en el punto siete; el punto nueve tiene una riqueza de 2.67 de garzas y el punto de conteo 13 tiene un promedio de dos especies (Figura 11). Por otro lado, existen diferencias significativas entre las abundancias de garzas por punto de conteo y años (Kruskal-Wallis corregida  $H_c = 31.66$ ;  $p < 0.05$ ). Los puntos de conteo que presentaron menor riqueza de especies resultaron ser la 1, 5 y 10 (Figura 11).



**Figura 10.** Riqueza de especies de garzas por punto de conteo (P= puntos de conteo) y por año (2017, 2018 y 2019).

El número de especies se relaciona con las abundancias por puntos de conteo y muestreos durante el 2017 (Correlación de Kendall's Tau = 0.549) no así en el 2018 y 2019 (Correlación de Kendall's Tau= -0.01); El número de puntos de conteo a ocupar por especie se relaciona directamente con su abundancia (Kendall's Tau= 0.53).

Se observan fluctuaciones en la presencia y abundancia por especie a lo largo del estudio y se tienen diferencias estadísticamente significativas entre las especies por punto de conteo, mes y años, lo que indica que las poblaciones de garzas hacen uso de la laguna de forma heterogénea en tiempo y espacio (Kruskal Wallis corregida Hc= 30.42).

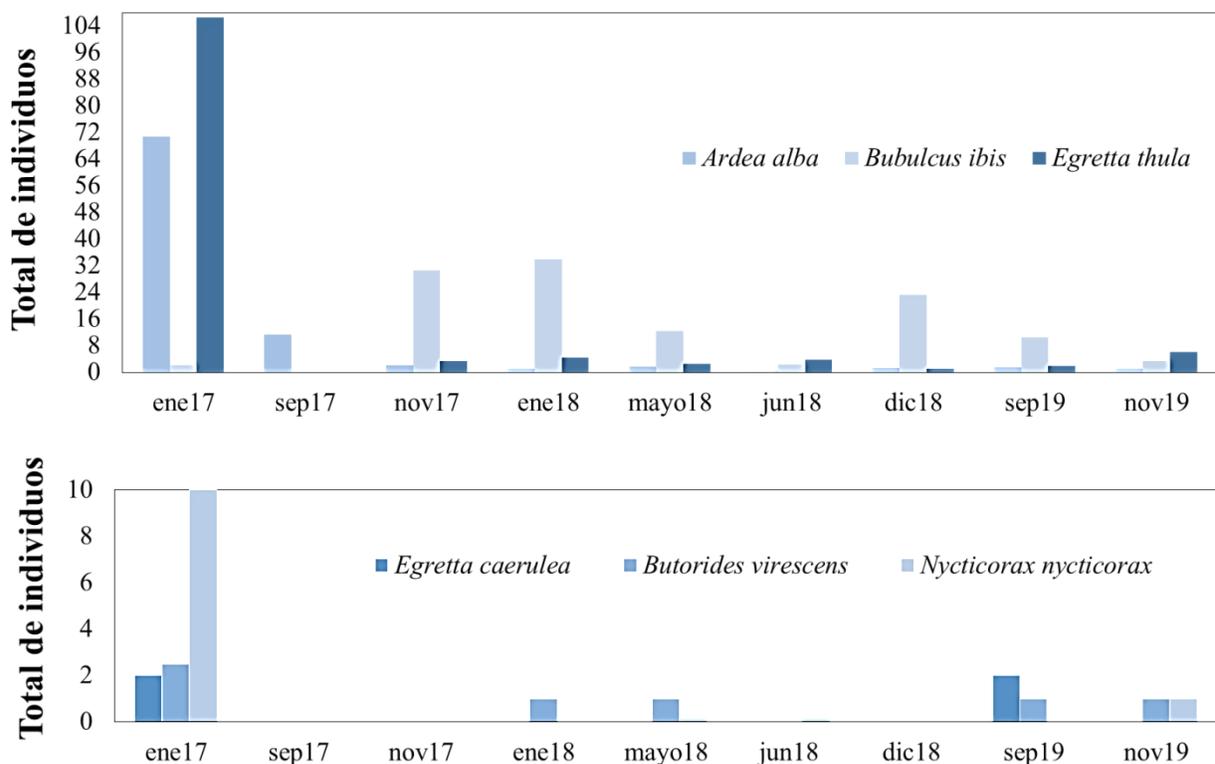
Las abundancias por años varían significativamente en *Ardea alba*, *Bubulcus ibis* y *Butorides virescens* y *Egretta thula*, (Prueba de Kruskal Wallis corregida) (Cuadro 4). La riqueza e individuos entre los puntos de conteo, por muestreo y año varía significativamente (Hc= 13.59).

**Cuadro 4.** Promedio de individuos por año, especie y el valor de la prueba de Kruskal-Wallis corregida (Hc) a  $p < 0.05^{***}$  sobre las abundancias a lo largo de los tres años.

Especie	Año	Media	Desviación estándar	Hc
<i>Ardea herodias</i>	2017	0.4375	0.2409832	ND
	2018			
	2019			
<i>Ardea alba</i>	2017	1.6875	27.21346	12.13***
	2018	0.8125	0.319097	
	2019	0.3125	0.1505199	
<i>Egretta caerulea</i>	2017	0.625	0.2719528	0.00846***
	2018			
	2019	625	0.2733854	
<i>Egretta thula</i>	2017	75.125	62.25879	2.92
	2018	3.25	1.55053	
	2019	1.6875	1.17515	
<i>Nycticorax nycticorax</i>	2017	20	1.25	0.2337
	2018	6	0.375	
	2019	5	0.3125	
<i>Bubulcus ibis</i>	2017	225.5	187.7039	3.179***
	2018	17.875	6.950944	
	2019	18.9375	13.11376	
<i>Butorides virescens</i>	2017	0.625	0.3010399	1.196***
	2018	0.1875	0.1007782	
	2019	0.1875	0.1359764	

En cuanto a la abundancia de cada especie por mes de muestreo, destaca que la especie *Nycticorax nycticorax* su mayor abundancia fue en enero del 2017 (10 individuos), para posteriormente disminuir a 0.16 individuos por mes muestreado, hasta noviembre del 2019 cuando se registró un individuo por (Figura 11); También destaca que tanto *Ardea alba* como

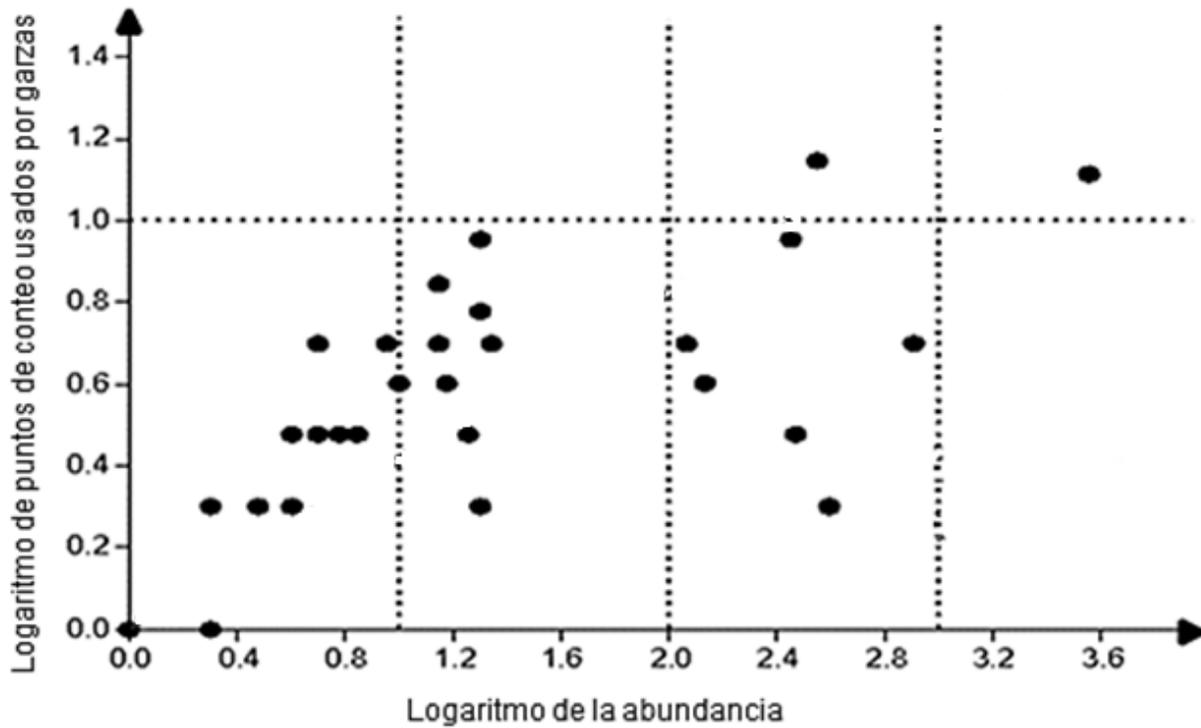
*Egretta thula* tuvieron sus mayores abundancias durante enero del 2017, mientras que *Bubulcus ibis* registró sus menores abundancias en enero y septiembre del 2017.



**Figura 11.** Promedio de individuos por especie por mes (individuos entre número de puntos de conteo ocupadas)

El promedio de individuos por punto de conteo, y por mes a lo largo de los tres años, indica que las abundancias de *Egretta caerulea*, *Butorides virescens*, *Nycticorax nycticorax* y *Egretta thula*, tienden a estar directamente relacionadas (Correlación de Kendall's Tau mayor a 0.50; n= 9). Mientras que la abundancia de *Bubulcus ibis* tiende a ser inversa al resto de las garzas (Figura 10 y Cuadro 5).

Al analizar la ocupación de cada especie (logaritmo del número de puntos de conteo ocupadas por especie) y el logaritmo de sus abundancias por años (Figura 12), se registra una relación directa entre estos dos parámetros (Coeficiente de determinación  $R^2= 0.53535$ ,  $n= 48$ ).

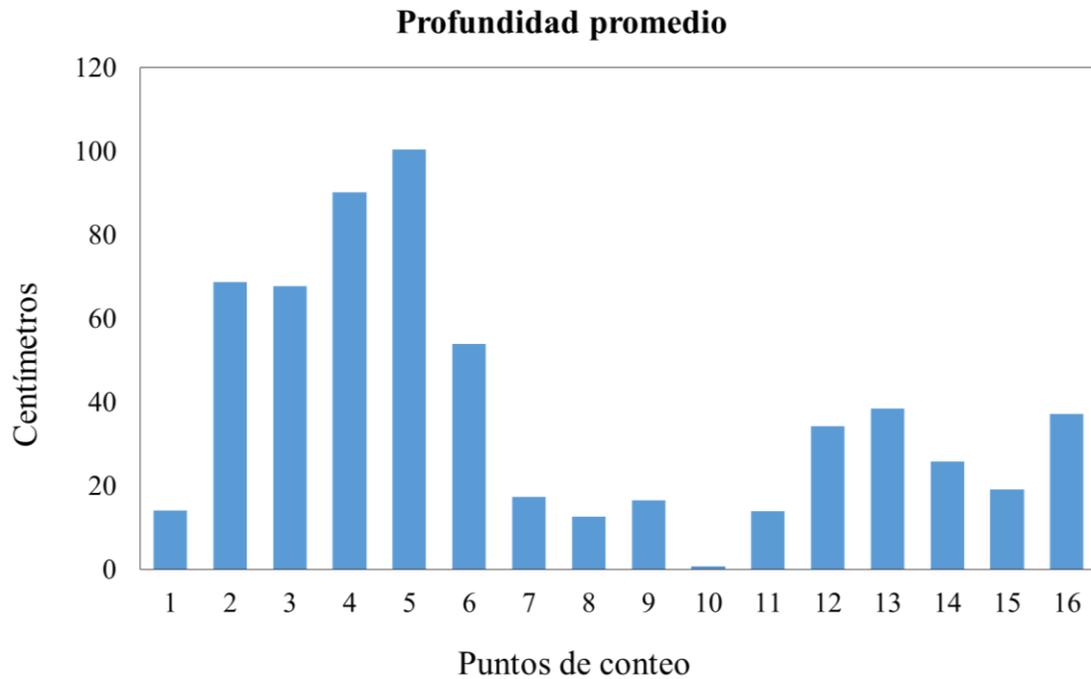


**Figura 12.** Relación entre el logaritmo de la abundancia por especie con el número de puntos de conteo que ocupa.

**Cuadro 5.** Correlaciones de Kendall's Tau entre las abundancias por especie.

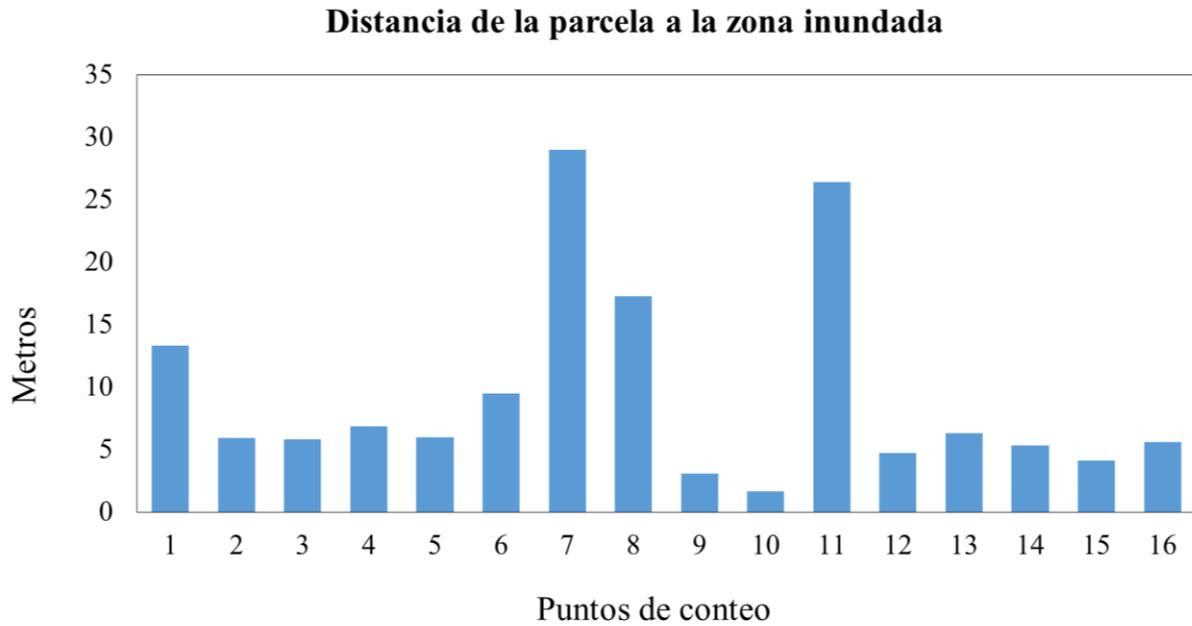
<b>Especie</b>	<i>E.caerulea</i>	<i>B. virescens</i>	<i>N.nycticorax</i>	<i>A. alba</i>	<i>B. ibis</i>	<i>E. thula</i>
<i>E.caerulea</i>	0					
<i>B. virescens</i>	0.600	0				
<i>N.nycticorax</i>	0.214	0.531	0			
<i>A. alba</i>	0.361	0.138	0	0		
<i>B. ibis</i>	-0.267	-0.068	-0.433	-0.141	0	
<i>E. thula</i>	0.178	0.544	0.633	-0.085	0	0

En relación a las características de los puntos de conteo, algunas variaron entre años o entre los puntos, cabe destacar que los puntos con menor profundidad del agua fueron: 1, 8, 7, 10 y 11, mientras que el punto con mayor profundidad de agua fue el número 5 (Figura 13).



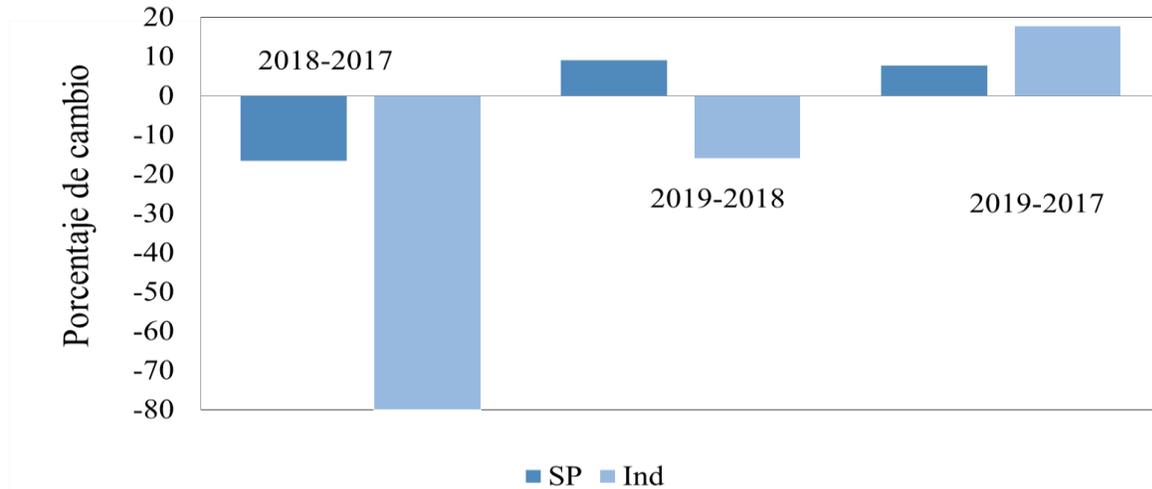
**Figura 13.** Profundidad promedio del agua por punto de conteo en los años 2017, 2018 y 2019.

El punto más lejano a la orilla del cuerpo de agua fue el 7, cuya distancia promedio del agua a la orilla fue de 29 metros, seguida por los 1, 8 y 11; por otro lado, el más cercano a la orilla del cuerpo de agua fue el número diez (Figura 14).



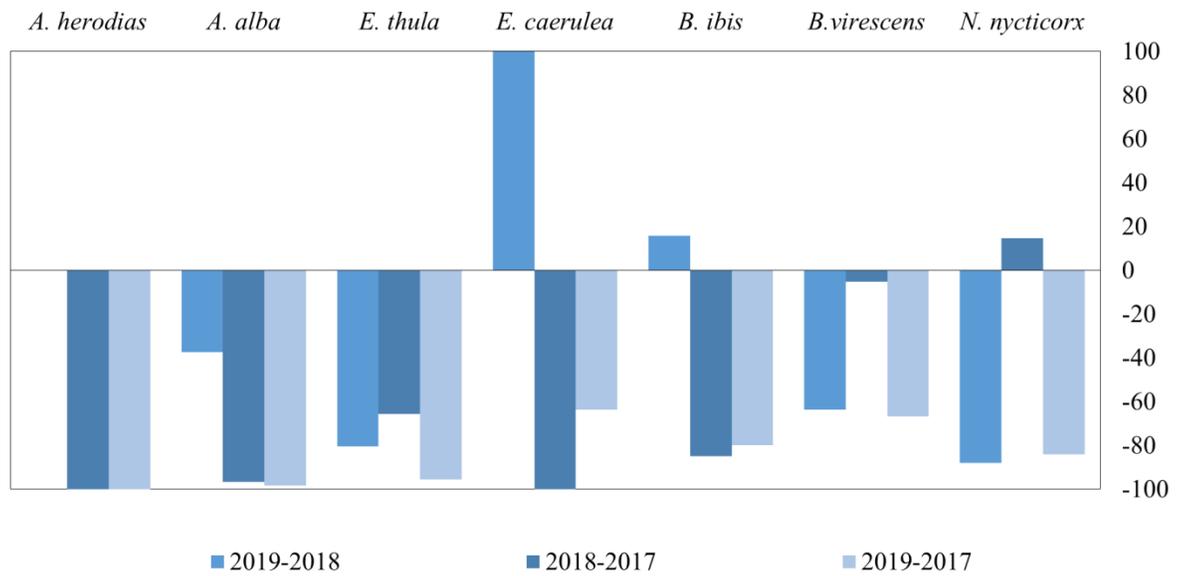
**Figura 14.** Distancia promedio en metros del punto de conteo a la zona inundada de la laguna durante los años 2017, 2018 y 2019.

Al analizar el porcentaje de cambio en riqueza y abundancia relativa de las especies entre cada año, se detectó que del 2017 al 2018 hubo una pérdida de especies e individuos, aunque hubo una ligera recuperación en el 2019 (Figura 15). El porcentaje de cambio de abundancia de abundancia, en cuatro especies, resultó negativo.



**Figura 15.** Porcentaje de cambio entre años en la riqueza (Especies) y abundancia (Individuos) de garzas (con respecto del cambio que hubo del 2017 al 2018, del 2018 al 2019 y del 2019 en relación al 2017).

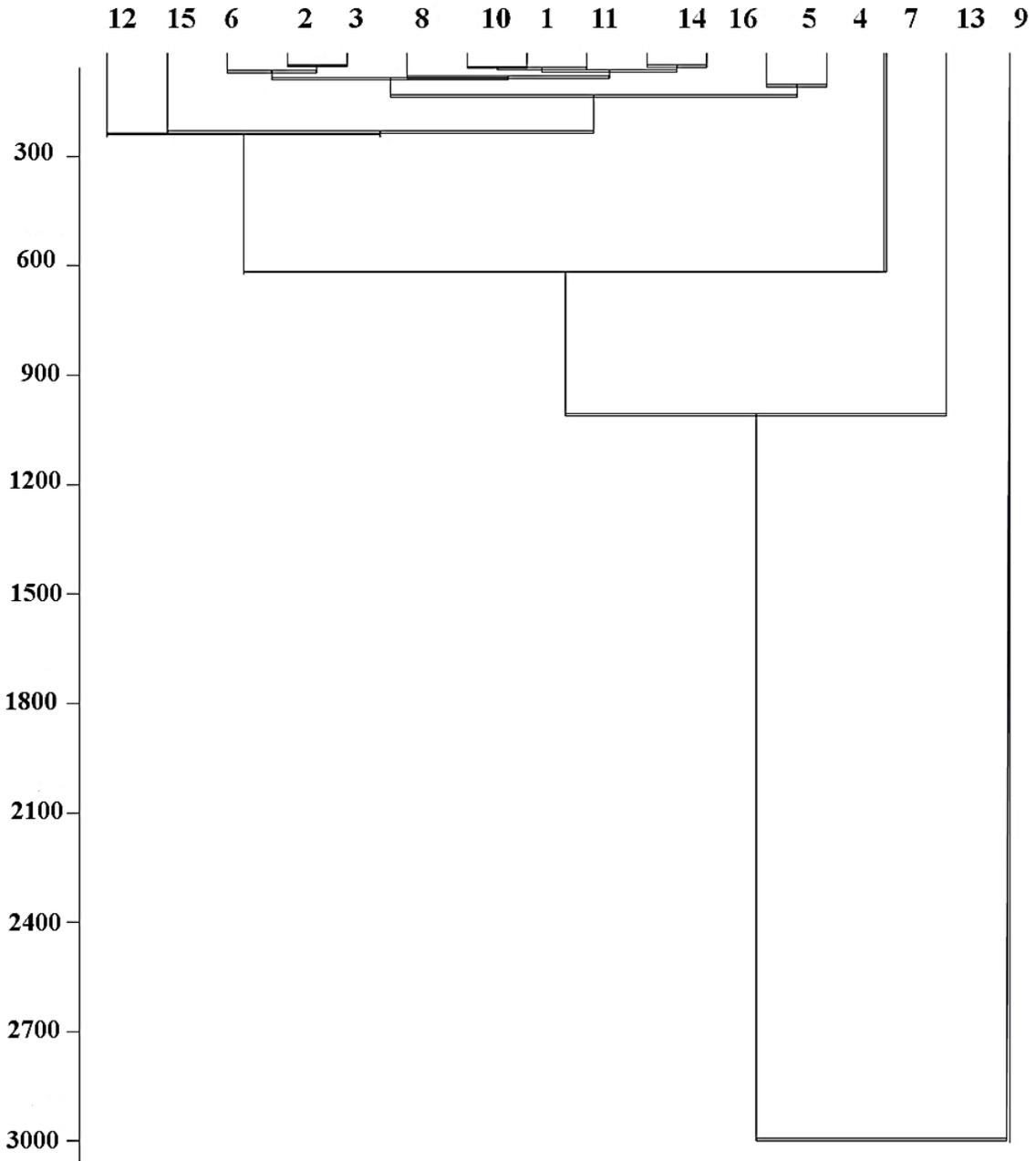
El porcentaje de cambio en las abundancias de cada especie se indica en la figura 18, la mayoría de las especies tuvieron un porcentaje de cambio negativo lo que implica pérdidas de riqueza y abundancia en cada especie de garza. Las únicas especies que registraron un porcentaje de cambio positivo fueron *Egretta caerulea* y *Bubulcus ibis* en el intervalo de 2018 al 2019, así como *Nycticorax nycticorax* del 2017 al 2018. Mientras que *Ardea herodias*, *Ardea alba*, *Egretta thula*, y *Butorides virescens* solo tuvieron disminución en sus abundancias (Figura 16).



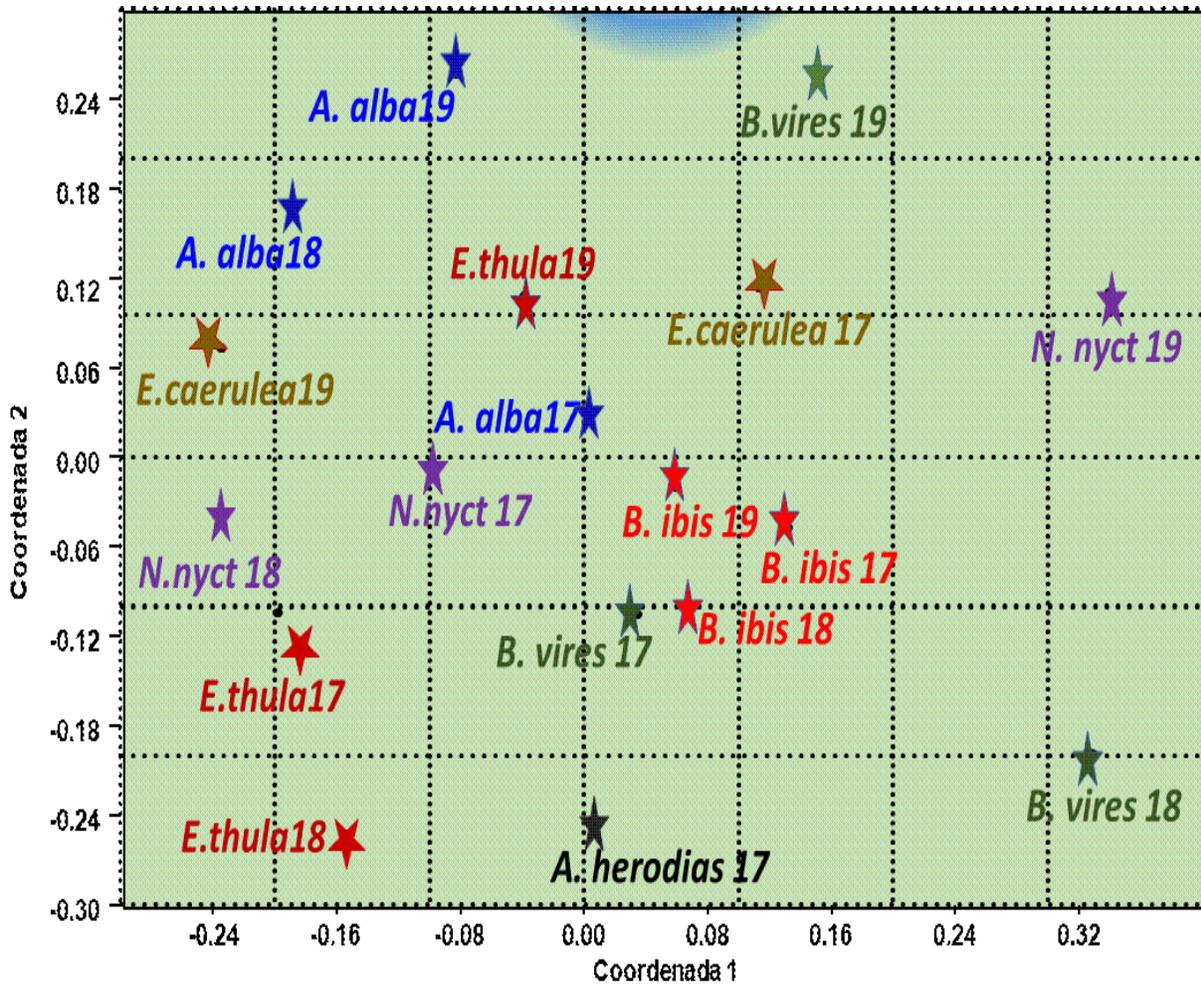
**Figura 16.** Porcentaje de cambio de cada especie de garza entre años, valores negativos indican pérdida.

El análisis de similitud por distancia euclidiana entre las características ambientales tomadas en cada punto de conteo mostró que los puntos 9, 13 y 7 difieren particularmente del resto de puntos de conteo, mientras que los puntos 10, 1, 11 y 14 conformaron un grupo independiente (figura 17).

Al conjuntar las características de puntos conteo con la presencia de especies y sus abundancias por punto, mes y año, se analizaron por medio de un análisis MSD, el cual nos indicó que las especies hacen un uso espacio temporal distinto entre ellas y durante distintos años; siendo 2017 muy distinto en tres especies (*Egretta thula*, *Nycticorax nycticorax*, *Ardea alba* y *Butorides virescens*). *Bubulcus ibis* es la especie donde se tiene un uso generalizado a lo largo de los meses y años (Figura 18).



**Figura 17.** Dendrograma cuantitativo por el índice de distancia euclidiana con las características registradas de cada una de los 16 puntos de conteo muestreados a lo largo de la laguna.



**Figura 18.** Arreglo multidimensional (MSD) de las siete especies de garzas y sus abundancias por punto de conteo, mes y año. (*Nycticorax nycticorax* = N. nyct, *Egretta thula*= E.thula, *Egretta caerulea*= E. caerulea, *Butorides virescens*= B. vires, *Ardea herodias*= A. herodias, *Bubulcus ibis*= B. ibis y *Ardea alba*= A. alba)

## DISCUSIÓN

Las siete especies de garzas representan el 18.5% del total de aves acuáticas observadas en la laguna, siendo estas *Bubulcus ibis*, *Ardea alba*, *Ardea herodias*, *Bubulcus ibis*, *Butorides virescens*, *Egretta thula*, *Egretta caerulea* y *Nycticorax nycticorax*, mismas que sirvieron como punto de partida para evaluar su dinámica en la porción del cuerpo de agua estudiada. Se presentaron porcentajes de cambio negativos que indican pérdida en la riqueza de especies del 2017 al año 2019.

La curva de acumulación de especies indicó que el muestreo fue significativo. Las especies presentes durante todos los muestreos fueron *Ardea alba* y *Bubulcus ibis*, siendo esta última la garza más abundante. Esto posiblemente debido a que tales especies tienen poblaciones residentes y tienden a ser generalistas, por lo que sus requerimientos ecológicos son de mayor plasticidad (Babb-Stanley, 2003). Es decir, tienden a alimentarse de una gama amplia de recursos que va desde insectos hasta pequeños vertebrados además están asociados a gran cantidad de hábitats y su distribución es amplia (Telfair, 2020). En contraste, las especies menos frecuentes fueron *Egretta caerulea* y *Ardea herodias*, lo que podría deberse en parte a sus disminuciones globales y por otra parte a las modificaciones en la laguna producto de los cambios en el uso del suelo con fines agrícolas y urbanos que han provocado la pérdida de recursos necesarios para estas aves (Barragán et al., 2002), así como los cambios en el uso del suelo con fines urbanos y agrícolas, que incrementa la vulnerabilidad de estas aves. (Babb-Stanley y Pacheco 2019)

Otros factores que influyen en los valores de abundancia y riqueza de las especies son, las estaciones del año y la presencia de especies o poblaciones migratorias, asociándose una mayor abundancia de garzas a meses con menor precipitación. Como sucedió con *Bubulcus ibis*, *Ardea*

*alba*, *Egretta thula* y *Butorides virescens*, que tuvieron abundancias relativas más altas en enero del 2017, cuando la profundidad del agua en la orilla de la laguna alcanzó sólo 14.2 cm en promedio (aunque no fue la medida más baja, es menor que la mayoría de muestreos). Esta profundidad produjo una mayor exposición de zonas planas, lodosas o arenosas en las orillas de la ciénega, facilitando a las aves la búsqueda y captura de su alimento (Weller, 1999) favoreciendo así en el incremento de la abundancia relativa de las garzas.

Es importante resaltar que la abundancia relativa de garzas tiende a ser inversa a algunos otros grupos de aves acuáticas, como lo anátidos (González et al., 2014) lo que podría ser reflejo de los tiempos de migración y de los de la estancia y uso espacio temporal en la laguna por ambas familias de aves. Estas familias son muy diferentes y pueden ser afectadas por las distintas características de la laguna, como la cantidad y profundidad de agua que varía a lo largo de la orilla y la cubierta vegetal.

Las especies de ardeidos hacen un uso espacio temporal distinto entre ellas. Dado lo heterogéneo de los puntos de conteo como se observó en el análisis MSD, donde en el 2017 fue el año de mayor abundancia relativa de ardeidos. El 2019 fue un año particularmente distinto para *Egretta thula*, *Nycticorax nycticorax* y *Butorides virescens*, ya que se registraron pocos individuos. Estas especies tienen requerimientos restringidos puesto que escogen sitios ricos en alimentos y refugio, lo cual varía dependiendo de la productividad anual y la época del año (González y Victoriano, 2009; Hernández et al., 2018), así como las características de cada punto de conteo (cubierta vegetal y calidad del humedal).

En los puntos de conteo 7, 9 y 13 se registraron los mayores índices de abundancia relativa por especies durante los tres años (de 95 a 366 individuos por especie), lo que puede estar relacionado con la disponibilidad de alimento. En estos puntos de conteo se registraron profundidades del agua menores a los 40 cm, lo que permite el acceso de las aves a las zonas lodosas para la búsqueda de su alimento, que consta principalmente de crustáceos, artrópodos e invertebrados pequeños, lo que nos indica que el estado de la laguna tiene efecto en las dinámicas poblacionales de sus aves (riqueza y abundancia) (Kushlan, 2019).

Los cambios en la laguna de Almoloya han sido drásticos con pérdidas en la cubierta de vegetación monocotiledónea, arbórea y de tular, de 1970 a 2010 se indicó una pérdida del 76% de su extensión (Rangel, 2014) lo que podría influir en la pérdida refugio para las garzas y a su vez podría ser una causa de la disminución de riqueza y abundancia de ardeidos durante el año 2018 y 2019.

Debido a que ha habido cambios en la laguna, resalta la necesidad de conocer las características ecológicas, así como las variaciones en los patrones y tendencias en la riqueza y abundancia de las aves acuáticas a mediano y largo plazo (Hernández et al., 2018). Esto debido a que una dinámica de tal complejidad depende en diversas medidas de distintos eventos intra e inter anuales que interactúan entre sí (Arruda et al., 2019).

Las variaciones en espacio temporales de la comunidad de garzas, se ven determinadas por factores como las características bióticas y limnológicas de la propia laguna, como la presencia y cobertura de la vegetación, profundidad del agua, así como la competencia con otras aves acuáticas (Barragán et al., 2002). Lo que indica también el estado de salud ambiental de la

laguna, considerando los requerimientos de este grupo de aves en ambientes acuáticos, como ciénegas y humedales (Wetlands International 2020).

Los datos obtenidos en este trabajo coadyuvan al conocimiento de los factores que intervienen en el uso espacio temporal de este grupo de aves tan representativo e indicador de las condiciones ambientales en una de las cuencas hidrológicas más contaminadas y deterioradas del interior del país, la cuenca del río Lerma. Por lo que se recomienda continuar con el monitoreo a mediano y largo plazo de este grupo de aves tan diverso tanto en esta laguna, como en las otras dos que conforman el inicio de la gran cuenca hidrológica del río Lerma y enfocarse al conocimiento de la especie más plástica y generalista, y exótica como la garza *Bubulcus ibis*.

## CONCLUSIONES

Se registró una disminución en la riqueza de garzas con respecto a registros previos de la laguna. En las siete especies, se reporta una notable disminución en la abundancia relativa de *Ardea herodias* y *Egretta caerulea*, que solían ser abundantes con anterioridad, siendo *Bubulcus ibis* la garza más abundante en la actualidad.

Hay variaciones intra e interanuales en la presencia y abundancia relativa de cada especie de garza y entre ellas. La variación está determinada, en parte, por la estructura y características de la laguna, como la presencia y cobertura de la vegetación, la profundidad del agua y la presencia de otras aves acuáticas.

La disminución de la riqueza de especies y su abundancia relativa a lo largo de tres años y la dominancia numérica de la especie no nativa *Bubulcus ibis*, podría ser un indicador del deterioro y pérdida de recursos para las garzas como alimento y refugio en el área de estudio. Esta situación, pudiera ser similar en otros humedales a lo largo del área de distribución de las garzas.

Se reconoce la relevancia que tiene la familia Ardeidae en los humedales, y la utilidad de ésta como bioindicador de las condiciones ambientales, no sólo de esta área sino de los ecosistemas acuáticos, humedales, y ciénagas en general.

Se requiere más estudios, constantes a mediano y largo plazo, que nos permitan profundizar en el estudio de las condiciones limnológicas de la laguna y su relación con las aves

acuáticas. Todo esto para contar con las bases necesarias para el manejo, protección y conservación de esta ciénega y de sus aves.

La actual relevancia de los humedales como reservorios de biodiversidad, en particular de aves, hace necesario continuar e incrementar el grado de conocimiento de estos ecosistemas, además de dar a conocer a las poblaciones humanas la relevancia y beneficios que trae consigo la protección de los cuerpos de agua y del papel que tienen las aves como aportadoras de servicios ambientales.

Es de profundo valor poder apreciar la belleza que albergan sitios como la Laguna de Almoloya del Río, así como permitir a futuras poblaciones disfrutar de los paisajes, flora y fauna que han sido legadas como el mejor de los obsequios para los seres vivos pasados, presentes y futuros.

## Referencias bibliográficas

Arruda Almeida, B., Sebastián-González, E., dos Anjos, L., Green, A. J., & Botella, F. (2019). A functional perspective for breeding and wintering waterbird communities: temporal trends in species and trait diversity. *Oikos*, 128: 1103-1115.

Avibase. (2020). World bird; Ardeidae sp. Recuperado el 2 de junio del 2020 de:  
<https://avibase.bsc-eoc.org/species.jsp?avibaseid=4D3215485B2084BF>

Babb-Stanley, K. (2003). Variaciones espacio temporales en la composición y riqueza de aves acuáticas en dos lagunas de la Cuenca del Lerma, México. *Rev. Zoología Informa.* 4:1-35.

Babb-Stanley, K., y Pacheco, C. (2019). Analysis of Priorities in the Study and Conservation of Vertebrates in the Río Lerma Basin, State of Mexico, Mexico. *Modern Environmental Science and Engineering*, 5: 400-405.

Barragán, J., López, L., y Babb-Stanley, S. (2002). Spatial and temporal variation patterns of a waterfowl community in a tandem reservoir system in the Central Plateau of México. *Hydrobiologia.* 467: 123-131.

Bergmann, F., Chivittz, C., Pinto, D., y Tozetti, A. (2013). Microhabitat use by three species of egret (Pelecaniformes, Ardeidae) in southern Brazil. *Universidad federal de Santa Lucía.* Río Grande. Brasil.

Best, S. (2017). Fotografía. *Ardea herodias*. Obtenido el 7 de Julio de 2017 de:  
[https://www.allaboutbirds.org/guide/Great\\_Blue\\_Heron/media-browser-verview/60314201](https://www.allaboutbirds.org/guide/Great_Blue_Heron/media-browser-verview/60314201)

Best, S. (2019). *Green Heron* (Garza verde). Recuperado el 20 de mayo de 2019 de:  
[https://www.allaboutbirds.org/guide/Green\\_Heron/](https://www.allaboutbirds.org/guide/Green_Heron/)

Bibby, C; Burgess, N; Hill, D; y Mustoe, S. (2000). Técnicas de censo de aves. Elsevier.

Block, W., y Brennan, A., (1993). The habitat concept in ornithology: Theory and applications. *Plenum Press, Cur Ornith.* 11: 35-91.

Bruun, B., Robbin, C., y Zim, H. (1983). A Field Guide to Identification. Birds of North America. *Golden Press*, N. York, EUA.

Ceballos, G. (2003). Ficha informativa de los humedales de Ramsar (FIR). Recuperado el 20 de noviembre del 2019 de: <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/MX1335RIS.pdf>

Cedeño, V., y Torres, L. (2013). Vulnerabilidad en la cuenca alta del río Lerma. En *V Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo*, Barcelona, Buenos Aires. 1161-1167.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2018). Área de protección de flora y fauna,

Ciénegas de Lerma. *Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Ciudad de México.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2017). Descripción de la Problemática del APFF Ciénegas del Lerma. Recuperado el 12 de enero del 2017 de:

<http://www.cofemersimir.gob.mx/expediente/19983/mir/41296/anexo/3280671>

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2020). Ciénegas de Lerma, Refugio de aves migratorias. Recuperado el 12 de enero del 2021 de:

<https://www.gob.mx/conanp/es/articulos/cienegas-del-lerma-refugio-de-aves-migratorias?idiom=es>

Comisión Nacional de Biodiversidad (CONABIO). (2020). *Red de Conocimiento sobre las Aves de México*. Recuperado el 29 de marzo del 2020 de: <http://avesmx.conabio.gob.mx/>

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2017). Organismo de Cuenca Lerma Santiago Pacífico. Recuperado el 13 de febrero del 2017 de:

<https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/organismo-de-cuenca-lerma-santiago-pacifico>

Cornell Lab of Ornithology. (2014). Merlin Bird ID de (1.8.2) [Aplicación móvil]. Google Play. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.labs.merlinbirdid.app>

Cornell Lab of Ornithology. (2017). *Ardea alba*. Mapa de distribución. Obtenido el 2 de marzo de 2017 de: [https://www.allaboutbirds.org/guide/Great\\_Egret/maps-range](https://www.allaboutbirds.org/guide/Great_Egret/maps-range)

Cornell Lab of Ornithology. (2017). *Ardea herodias*. Mapa de distribución. Obtenido de Obtenido el 2 de marzo de 2017 de: <https://neotropical.birds.cornell.edu/Species-Account/nb/species/grbher3/overview>

Cornell Lab of Ornithology. (2017). *Garza blanca*. Mapa de distribución. Obtenido Obtenido el 2 de marzo de 2017 de: <https://neotropical.birds.cornell.edu/Species-Account/nb/species/snoegr/overview>

Cornell Lab of Ornithology. (2017). *Garza de corona amarilla*. Mapa de distribución. Obtenido Obtenido el 2 de marzo de 2017 de: [https://www.allaboutbirds.org/guide/Yellow-crowned\\_Night-Heron/maps-range](https://www.allaboutbirds.org/guide/Yellow-crowned_Night-Heron/maps-range)

Cornell Lab of Ornithology. (2017). *Garza tricolor*. Mapa de distribución. Obtenido Obtenido el 2 de marzo de 2017 de: <https://neotropical.birds.cornell.edu/Species-Account/nb/species/libher/distribution>

Dunn, J. L. (2017). Field guide to the birds of North America. *National Geographic Books*.

Environmental Protection Agency (EPA). (2002). Methods for Evaluating Wetland Condition: Biological Assessment. Methods for Birds. Office of Water, U.S., *Environmental Protection Agency*, Washington.

Etienne, A. (2017). *Garza azul*. Fotografía. Obtenido el 2 de marzo de 2017 de: [https://www.allaboutbirds.org/guide/Little\\_Blue\\_Heron/media-browser/7068940](https://www.allaboutbirds.org/guide/Little_Blue_Heron/media-browser/7068940)

Gianuca, Dimas, Gianuca, Andros T. y Vooren, Carolus, M. (2012). Abundancia, cría y alimentación de la garceta azul *Egretta caerulea* (Aves, Ardeidae) en el estuario de la laguna de Patos, un área recientemente colonizada en el sur de Brasil. *Iheringia Série Zoologia*. 102: 19-25.

Gill y Rasmussen. (2021). *IOC World Bird List*. Recuperado el 2 de julio de 2021 de: <https://www.worldbirdnames.org/new/ioc-lists/crossref/> .

Gómez, Z., Helgueras., Madrigal, U., y Nemiga. (2012). Análisis del cambio del uso del suelo en Las Ciénegas de Lerma (1973-2008) y su impacto en la vegetación acuática. *Investigaciones Geográficas*. 78: 48–61.

González, G., y Victoriano, P. (2009). Waterbird Assemblages and Habitat Characteristics in Wetlands: Influence of Temporal Variability on Species-Habitat Relationships. *Waterbirds*. 32: 225-233.

González, R., Garza, T., Padrón, S., Jiménez, R., y Berrones, B. (2014). Las aves de El Cielo: Etnobiología y observación de la naturaleza para su conservación en un área natural protegida de Tamaulipas, *Aves, personas y culturas*. *Estudios de Etno ornitología*. 261-283.

Graham, F., Jr. (1990). *The Audubon ark: a history of the National Audubon Society*. Alfred A. Knopf, New York, New York.

Hernández, A., Yadeun, M., y García, E. (2018). Waterfowl community from a protected artificial wetland in Mexico State, *Mexico Huitzil* 19:18.

Hothem, R., Brussee, Davis Jr., A. Martínez, A., Motis, y Kirwan. (2020). Black crowned Night Heron (*Nycticorax nycticorax*), versión 1.0. En Aves del Mundo (SM Billerman, Editor). *Laboratorio de Ornitología de Cornell, Ithaca, NY, EE. UU.* Mapa de distribución de *Nycticorax nycticorax*.

Howell, S., y Webb. (1995). *The birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford Univ. Press, E.U.A.

Jashemski, F., y Meyer, F. (2002). *The natural history of Pompeii*. Cambridge University Press, Cambridge.

Jiménez, A., García, L., González, A., Mugica, L. y Acosta, M. (2014) Valores de masa corporal de 183 especies de aves cubanas. *Revista cubana de ciencias biológicas*. 3: 22–42.

Jiménez, M., Ricardo, J., Pérez, A. (2016). Filogenia de los géneros de ardeidae. *Revista Nicaragüense de Biodiversidad*. 52: 1–44. Recuperado el 20 de junio del 2017 de: <http://www.bio-nica.info/RevNicaBiodiv/26-Perez-FilogeniaArdeidae.pdf>

Jonh, S. (2016). *Garceta blanca*. Fotografía. Obtenido el 3 abril de 2019 de:  
[https://www.allaboutbirds.org/guide/Snowy\\_Egret/media-browser-overview/70611061](https://www.allaboutbirds.org/guide/Snowy_Egret/media-browser-overview/70611061)

Keddy, P. (2000). *Wetland ecology: principles and conservation*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.

Kushlan y Hafner, H. (2000). *Heron conservation*. Academic Press, New York, New York.

Kushlan, J. (2019). Heron Conservation, a History. *Waterbirds* 41: 345.

Lamoreaux, A. (2016). Garza blanca. Fotografía. Obtenido el 9 de noviembre de 2018 de:  
[https://macaulaylibrary.org/asset/32782691?\\_hstc=60209138.cca79b7f74112964eb0fd2485a ECB478.1621385500667.1639966181857.1647994430356.3&\\_hssc=60209138.1.1647994430356&\\_hsfp=4000151131](https://macaulaylibrary.org/asset/32782691?_hstc=60209138.cca79b7f74112964eb0fd2485a ECB478.1621385500667.1639966181857.1647994430356.3&_hssc=60209138.1.1647994430356&_hsfp=4000151131)

Landgrave, R., y Moreno, C. (2011). Evaluación Cuantitativa de La Pérdida de Humedales En México. *Investigación Ambiental* 4: 19–35.

Lenz, T. (2009). *American bittern*. Fotografía. Recuperado el 3 de noviembre del 2017 de:  
[https://www.allaboutbirds.org/guide/American\\_Bittern/media-browser-overview/37758621](https://www.allaboutbirds.org/guide/American_Bittern/media-browser-overview/37758621)

Lipton, E. (2017). *Butorides virescens*. Recuperado Obtenido el 2 de marzo de 2017 de:  
[https://www.allaboutbirds.org/guide/Green\\_Heron/media-browser-overview/70691741](https://www.allaboutbirds.org/guide/Green_Heron/media-browser-overview/70691741)

Lipton, E. (2017). *Garza nocturna de corona amarilla adulto*. Fotografía. Recuperado  
Obtenido el 2 de marzo de 2017 de: [https://www.allaboutbirds.org/guide/Yellow-crowned\\_Night-Heron/media-browser-overview/70693871](https://www.allaboutbirds.org/guide/Yellow-crowned_Night-Heron/media-browser-overview/70693871)

Lipton, E. (2017). *Garza nocturna de corona amarilla juvenil*. Fotografía. Recuperado  
Obtenido el 2 de marzo de 2017 de: [https://www.allaboutbirds.org/guide/Yellow-crowned\\_Night-Heron/media-browser-overview/70693871](https://www.allaboutbirds.org/guide/Yellow-crowned_Night-Heron/media-browser-overview/70693871)

Lowther, P., Poole, Gibbs, Melvin y Reid. (2020). American Bittern (*Botaurus lentiginosus*), versión 1.0. En Aves del Mundo (AF Poole, Editor). *Laboratorio de Ornitología de Cornell*, Ithaca, NY, EE. UU. Mapa de distribución de *Botaurus lentiginosus*

Maderey, R., y Jiménez, R. (2000). Alteración del ciclo hidrológico en la parte baja de la cuenca alta del río Lerma por la transferencia de agua a la Ciudad de México. *Investigaciones geográficas*. 45: 24-38.

Maderey, R; y Torres, R. (1990). Hidrografía. 1: 4000000. En: Hidrografía e hidrometría. Tomo III. Sección IV. 6.1. Atlas Nacional de México (1990, 1992). *Instituto de Geografía*. UNAM. México.

Martínez, V; Motis, A. y Kirwan, G. (2019). *Garcilla bueyera (Bubulcus ibis)*. *Manual de las aves del mundo vivo*. Recuperado Obtenido el 2 de marzo de 2017 de: <https://www.hbw.com/node/52697>

Martínez, V; Motis, A. y Kirwan, G. (2019). *Great Blue Heron* (*Ardea herodias*). *Manual de las aves del mundo vivo*. Recuperado Obtenido el 2 de marzo de 2017 de <https://www.hbw.com/node/52675>

McCrimmon Jr., DA, JC Ogden, GT Bancroft, A. Martínez-Vilalta, A. Motis, GM Kirwan y PFD Boesman (2020). *Great Egret* (*Ardea alba*), versión 1.0. En *Birds of the World* (SM Billerman, Editor). *Laboratorio de Ornitología de Cornell*.

McKilligan, N. (2005). *Hérons, egrets and bitterns: Their biology and conservation in Australia*. *CSIRO publishing*. Australia.

Mitsch, W.J. y J.G. Gosselink. (2000). *Wetlands*. *John Wiley & Sons Inc*. Nueva York.

Montes de Oca, R., Velázquez, V., Rosiles, M., Y López, L. (1996). Niveles de varios metales en hígado de aves acuáticas migratorias capturadas en la Laguna del Valle de Lerma, Estado de México. *Veterinaria México* 27: 249-251.

Perlo Van, B. (2006). *Birds of Mexico and Central America*. *Princeton University Press*, N. Jersey, EUA.

Prum, R., Berv, J., Dornburg, A., Field, D., Jeffrey, J., Townsend, P., Moriarty L., y Lemmon, A. (2015). A comprehensive phylogeny of birds (Aves) using targeted next-generation DNA sequencing. *Nature*, 526: 22

Rangel E. (2014). Caracterización y evaluación de la riqueza, abundancia y uso de las aves acuáticas en la Laguna de Almoloya, Estado de México [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México] *Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales de Información, UNAM*.

Rodgers Jr., JA y Smith. (2020). Little Blue Heron (*Egretta caerulea*), version 1.0. En Birds of the world (AF Poole, Editor). *Laboratorio de Ornitología de Cornell, Ithaca, NY, EE. UU.* Mapa de distribución.

Rodríguez, R. (2014). Gestión Ambiental Municipal en la cuenca alta del Río Lerma (CARL) asociada a su Vulnerabilidad. (Tesis para obtener el grado de maestría en calidad ambiental). *Universidad Autónoma del Estado de México. Repositorio institucional UAEMx*.

Sauer, J., Pendleton, G., Y Peterjohn, B. (1996). Evaluating causes of population change in North American Insectivorous songbirds. *Conservation Biology*. 10:465-478.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2019). Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental, Especies nativas de México de flora y fauna silvestres, Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. *Lista de especies en riesgo*. Recuperado el 13 de noviembre del 2019 de: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019)

Telfair II, RC (2020). Cattle Egrett (*Bubulcus ibis*), version 1.0. En Birds of the world (SM Billerman, Editor). *Laboratorio de Ornitología de Cornell*, Ithaca, NY, EE. UU. Mapa de distribución de *Bubulcus ibis*.

Winkler, D., Billerman, S., y Lovette. (2017). *Mapa de distribución de garza verde*. Obtenido el 2 de marzo de 2017 de: [https://www.allaboutbirds.org/guide/Green\\_Heron/maps-range](https://www.allaboutbirds.org/guide/Green_Heron/maps-range)

Winkler, D., Billerman, S., y Lovette. (2020) *Butorides virescens*. Fotografía Obtenido el 22 de marzo de 2020 de: [https://www.allaboutbirds.org/guide/Green\\_Heron/](https://www.allaboutbirds.org/guide/Green_Heron/)

McNally Myles.(2018). *Ixobrychus exilis*. Fotografía. Obtenido el 18 de febrero de 2018 de: [https://www.allaboutbirds.org/guide/Least\\_Bittern/photo-gallery/304476671](https://www.allaboutbirds.org/guide/Least_Bittern/photo-gallery/304476671)

Winkler, D., Billerman, S., y Lovette. (2020). *Bubulcus ibis*. Fotografía. Obtenido de 13 de noviembre de 2020 de: [https://macaulaylibrary.org/asset/292321851?\\_gl=1\\*1xn5ofv\\*\\_ga\\*MjY2NzI1MjU0LjE2MTA2NzY4MTM.\\*\\_ga\\_QR4NVXZ8BM\\*MTYzOTk2NjIzMy4zLjEuMTYzOTk2NjM2Ny4zMg..#\\_ga=2.65220526.1243644413.1639966234-266725254.1610676813](https://macaulaylibrary.org/asset/292321851?_gl=1*1xn5ofv*_ga*MjY2NzI1MjU0LjE2MTA2NzY4MTM.*_ga_QR4NVXZ8BM*MTYzOTk2NjIzMy4zLjEuMTYzOTk2NjM2Ny4zMg..#_ga=2.65220526.1243644413.1639966234-266725254.1610676813)

Winkler, D., Billerman, S., y Lovette. (2018). Mapa de distribución de *Ixobrychus exilis*. Obtenido el 18 de febrero de 2018 de: [https://www.allaboutbirds.org/guide/Least\\_Bittern/photo-gallery/304476671](https://www.allaboutbirds.org/guide/Least_Bittern/photo-gallery/304476671)

Timmons, J. (2017). Garza nocturna corona negra. Fotografía. Obtenido el 18 de febrero de 2018 de: [https://www.allaboutbirds.org/guide/Black-crowned\\_Night-Heron/media-browser-overview/70693031](https://www.allaboutbirds.org/guide/Black-crowned_Night-Heron/media-browser-overview/70693031)

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). (2022). La Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Versión 2021-3. Obtenido el 23 de marzo del 2022 de: <https://www.iucnredlist.org>

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). (2021). Annual Report 2020. Regional Office for Mexico, Central America and the Caribbean. *IUCN, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources*. Costa Rica.

Weller, M. (1999). Aves de los humedales: recursos del hábitat e implicaciones para la conservación. *Prensa de la Universidad de Cambridge*. E.U.A.

Wetlands International. (2020). Wetlands Annual Review 2019 Wetlands *Annual Review Wetlands International Org*. Holanda.

Winkler, D., Billerman, S., y Lovette, I. (2019). Ardeidae. Mapa de distribución. Recuperado el 23 de enero del 2019 de: [https://www.hbw.com/sites/default/files/styles/map\\_large/public/family/map/ardeidae.jpg?itok=IWikXHfW](https://www.hbw.com/sites/default/files/styles/map_large/public/family/map/ardeidae.jpg?itok=IWikXHfW)

Winkler, D., Billerman, S., y Lovette, I. (2020). Herons, Egrets, and Bitterns (Ardeidae), versión 1.0. Recuperado el 2 de octubre del 2020 de: <https://doi.org/10.2173/bow.ardeid1.01>

Wood, C. (2004). Garza tricolor. Fotografía. Obtenido el 18 de febrero de 2018 de: [https://www.allaboutbirds.org/guide/Tricolored\\_Heron/media-browser-overview/7068964](https://www.allaboutbirds.org/guide/Tricolored_Heron/media-browser-overview/7068964)

Zar, J.H. (1999). Biostatistical analysis. *Prentice - Hall*. N. Jersey, EUA.

**Apéndice.** Fichas de identificación de las Garzas (Aves: Ardeidae) Del Estado de México



*Ardea alba*, fotografía: Juárez, G. (2018)

## *Ardea alba* (GARZA BLANCA)



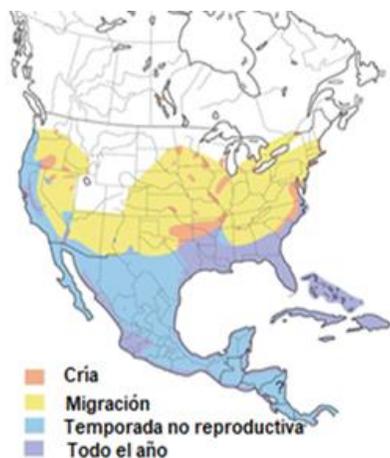
Fotografía: Lamoreaux, 2016

Son garzas más pequeñas y esbeltas en comparación con las garzas azules (*Ardea herodias*). A diferencia de otras especies de garzas (como *Bubulcus ibis* y *Ardea herodias*); las garzas blancas son aves notablemente mayores en tamaño con impresionantes alas. Comúnmente presentan plumajes blancos en su mayoría, con algunas tonalidades amarillentas pálidas, los machos adultos suelen presentar plumajes reproductivos que son vistosos y blancos, sus patas son oscuras y largas. El pico suele tener tonalidades amarillas, en el vuelo retraen el cuello formando una especie de “Z” al mismo tiempo que alinean las patas extendiéndose horizontalmente.

**Alimentación:** Principalmente piscívoras, también ingieren pequeños reptiles y crustáceos.

**Estado de conservación:** No amenazada, de preocupación menor.

### Distribución



Mapa de distribución de *Ardea alba* (The Cornell Lab of Ornithology, 2017).

**Distribución:** Casi toda América central y sur exceptuando partes de la costa del pacífico de Chile.

**Distribución en el Estado de México.** Se distribuyen en diversos cuerpos de agua del Estado de México, en el Lago de Texcoco, en localidades de las Ciénegas de Lerma (En la Laguna de Almoloya del río), Temascaltepec y Valle de Bravo en donde son residentes y migratorias.

**Hábitat:** Humedales (Continental y costeros).

(Jiménez et al., 2014; McCrimmon Jr et al., 2020)

*Ardea herodias* (GRAN GARZA AZUL)



*Ardea herodias* morfo oscuro: Evan Lopton (The Cornell Lab of ornithology, 2017)



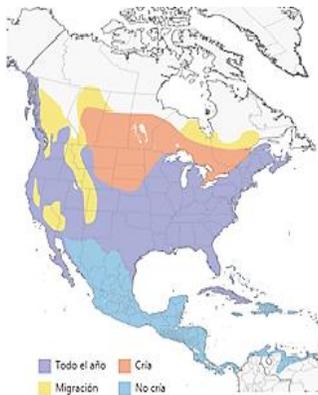
*Ardea herodias* morfo blanco. Best, S. (Guía de aves de América del Norte, 2017).

Es la garza más grande de Norteamérica. Tienen una altura de entre 91 a 137 cm, pesan alrededor de 1.7 a 3.7 kg, con una envergadura de 170 a 190 cm, presenta dos morfos; el morfo oscuro presentan un plumaje gris/azulado, con característica cresta negra, cuello gris y bordes de las alas negras, así como patas castañas y vientre grisáceo. En morfo blanco presentan plumaje blanco con una cresta característica, patas y dedos castaños.

Hábitat: Son de hábitats generalistas, se encuentran cerca de cuerpos de agua continental, desde orillas de ríos hasta aguas residuales y campos de cultivo.

Distribución en el Estado de México. Hay registros de esta especie en la Laguna de Texcoco, en localidades de las ciénegas de Lerma (En la Laguna de Almoloya del Río), Tláhuac, Valle de Bravo y Temascaltepec, en donde son migrantes y residentes.

Distribución: Principalmente Norteamérica y parte de Centroamérica.



Distribución *Ardea herodias* (The Cornell Lab of Ornithology)

Alimentación: Tienen una alimentación generalista, principalmente peces pero se pueden alimentar de pequeños vertebrados (aves, roedores, salamandras, ranas).

Estado de conservación: No amenazada a nivel mundial, preocupación menor.

(Jiménez et al., 2014; Martínez et al., 2019)

***Butorides virescens* (GARZA VERDE)**



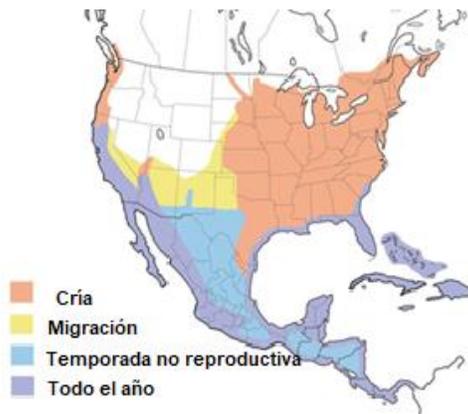
*Butorides virescens*, (The Cornell Lab of ornithology, 2020)

Se aprecia como un ave fornida, encorvada con el lomo, garganta y corona en coloraciones verdosas, pecho y vientre en tonos castaños, pico largo, recto y oscuro. Durante el vuelo se pueden apreciar sus alas redondeadas. Presenta una peculiar forma de pescar atrayendo peces con ayuda de ramas en forma de carnada.

Estado de conservación: No amenazada, preocupación menor.

Distribución: América del norte y parte de América central.

Distribución



Mapa de distribución de la garza verde (The Cornell Lab of Ornithology)

Distribución en el Estado de México: Se han registrado individuos de esta especie en la Laguna de Texcoco, en localidades de las Ciénegas de Lerma (En la Laguna de Almoloya del Río), en el lago de Nanchititla y en los lagos de Temascaltepec y Valle de bravo. En donde son residentes y migratorias.

(Best, 2019; Jiménez et al., 2014; Lipton et al., 2017; Rodgers Jr., y Smith, 2020)

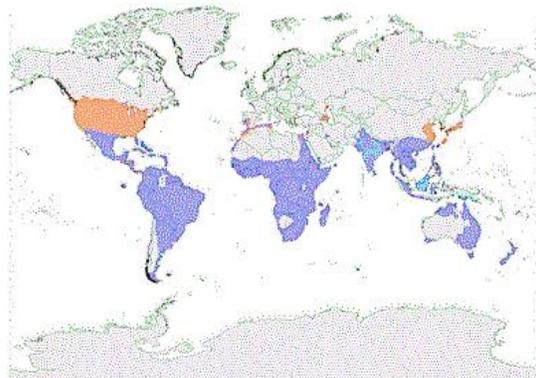
***Bubulcus ibis* (GARZA GANADERA)**



*Bubulcus ibis*. Nidiffer, B. (Obtenido de: The Cornell Lab of ornithology, 2020).

Es una garza introducida de coloración principalmente blanca, aunque en época de cría presenta la cabeza, el cuello y parte del lomo con tonos pardos. Tiene un aspecto rechoncho ocasionado por la longitud corta de sus tibias. Pico más ancho y corto que el resto de las integrantes de la familia Ardeidae, cuello relativamente corto y aspecto encorvado, alas relativamente cortas y rápidas durante el vuelo. Sus hábitos alimenticios están asociados a la ingesta de insectos y otros artrópodos como las garrapatas pero también puede alimentarse de pequeños vertebrados.

**Distribución**



■ Todo el año      ■ Migración  
■ Cría              ■ no reproductivo

Mapa de distribución de *Bubulcus ibis* (Obtenido de: The Cornell Lab of ornithology, 2020).

Distribución en el Estado de México: Esta especie se ha registrado en el lago de Texcoco, las Ciénegas de Lerma (En la laguna de Almoloya), Tláhuac, la Sierra Nanchititla y Temascaltepec.

Hábitat: Habitan sitios con abundancia de insectos como praderas, pastizales, sitios de ganadería y humedales.

Estado de conservación: No amenazada.

Distribución: América, sur de África, parte de Europa y Oceanía.

(Jiménez et al., 2014; Martínez et al., 2019)

***Egretta caerulea* (GARCETA AZUL)**



*Egretta caerulea*. Etienne Artigau, (The Cornell Lab of ornithology, 2017)

Es una garza americana con plumaje generalmente oscuro, aunque algunas presentan el cuello, barbilla y garganta con colores pálidos- blanquecinos, alas de color gris azulado, cabeza púrpura granate, los machos presentan penachos en la espalda durante la temporada de reproducción y son de mayor tamaño que las hembras. Tanto hembras como machos tienen patas y pies de color verde grisáceo, verdoso o gris, en estadio juvenil la coloración es totalmente blanca con lores azul o gris y patas grises.

Distribución



Mapa de distribución (The Cornell Lab of ornithology, 2020)

Distribución en el Estado de México: Esta especie se ha registrado en el lago de Texcoco, las Ciénegas de Lerma (En la laguna de Almoloya), Tláhuac y Temascaltepec.

Hábitat: Principalmente en zonas costeras, y sitios cercanos a cuerpos de agua continentales.

Distribución geográfica: desde el sur de Maine (EE. UU.) Hasta el estado de São Paulo (Brasil), y en la costa del Pacífico desde Arizona (EE. UU.) Hasta Lima (Perú)

Estado de conservación: No amenazada a nivel mundial.

(Jiménez et al., 2014)  
(Gianuca et al., 2012)

***Egretta thula* (GARCETA BLANCA)**



*Egretta thula*, Jonh, S. (The Cornell Lab of ornithology, 2017)

Presenta plumaje blanco, dedos brillantes de color amarillo a dorado en temporada reproductiva y amarillos a verdes en temporadas no reproductivas. Tarsos negros, plumas de la corona y el cuello largas y tupidas, pico negro y largo con la base amarilla brillante, los machos son de mayor tamaño que las hembras. Su alimentación se basa principalmente en peces, crustáceos y moluscos.

Hábitat: Humedales de agua dulce, salada y salobre.

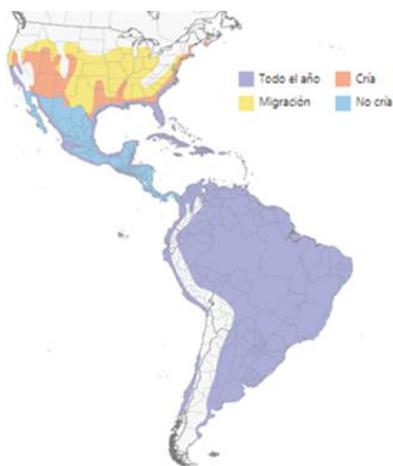
Estado de conservación: No amenazada a nivel mundial.

Distribución en el Estado de México: Esta especie se ha registrado en el lago de Texcoco, las Ciénegas de Lerma (En la laguna de Almoloya), Tláhuac y Temascaltepec.

Distribución geográfica: A lo largo del continente americano, desde el norte de Estados Unidos de América hasta el sur de Argentina, exceptuando Chile.

(Jiménez et al., 2014)

Distribución



Mapa de distribución de la garza blanca (The Cornell Lab of Ornithology, 2017)

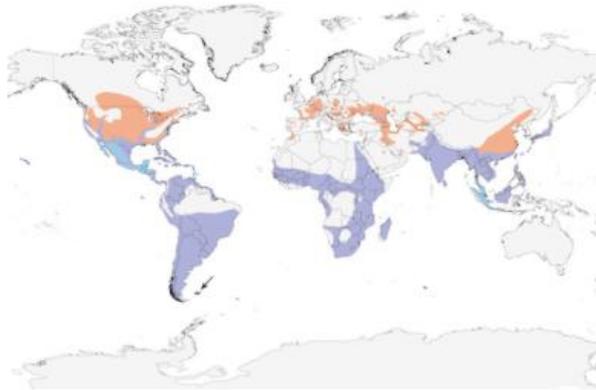
*Nycticorax nycticorax* (PERRITO DE AGUA)



*Nycticorax Nycticorax*; Jeff Timmons (The Cornell Lab of ornithology, 2017)

Estas aves poseen Plumaje de las partes altas en tonos oscuros, azules a negros alas superiores de color gris oscuro, grupa y cola, y vientre blanco o gris pálido; patas rojas y lores negros durante el cortejo, mientras que el negro de la cabeza y la espalda adquieren un brillo azul verdoso y los penachos blancos están bien desarrollados. Las hembras son más pequeñas y ligeras que los machos con las plumas de la nuca más cortas. Tanto Hembras como machos tienen el pico negro-azulado y ojos color escarlata. Tienen una alimentación variada, desde algas hasta pequeños vertebrados.

Distribución



■ Todo el año  
■ Cría  
■ Migración  
■ no reproductivo

Mapa de distribución de *Nycticorax nycticorax* (The Cornell Lab of ornithology, 2020)

Hábitat: tienen hábitats variados, en regiones cercanas a cuerpos de agua dulce, salobre o salada, en márgenes de ríos poco profundos y cuerpos de aguas continentales.

Estado de conservación: No amenazada a nivel mundial.

Distribución en el Estado de México: Esta especie se ha registrado en el lago de Texcoco, las Ciénegas de Lerma (En la laguna de Almoloya), Tláhuac, la Sierra Nanchititla y Temascaltepec.

(Jiménez et al., 2014)  
(Hothem et al., 2020)

## *Botaurus lentiginosus* (AVETORO NORTEÑO)

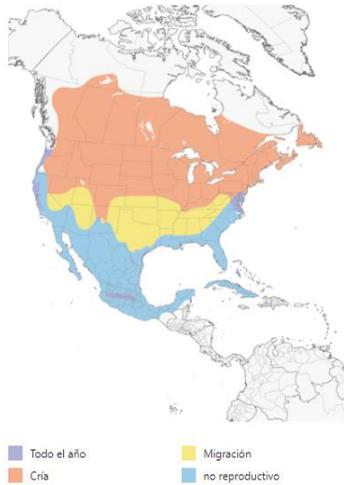


*Botaurus lentiginosus*, Lenz, Tim (Macaulay library, 2009).

Esta garza se caracteriza por su plumaje rayado en colores pardos y blanco que le permiten camuflarse con su entorno. Habita en marismas, residente de la laguna, piscívoro principalmente, aunque pueden ingerir ranas y algunos insectos. Poseen un canto estruendoso común durante las noches.

Hábitat: Pantanos de poca profundidad, embalses artificiales, sitios con cobertura de vegetación, pastizales y praderas.

### Distribución



Mapa de distribución de *Botaurus lentiginosus* (The Cornell Lab of ornithology, 2020)

Distribución en el Estado de México: Hay registro de *Botaurus lentiginosus* en la Laguna de Texcoco, en localidades de las Ciénegas de Lerma (En la Laguna de Almoloya del río), en donde son residentes.

Estado de conservación: Amenazada. NOM-059-2010.

Distribución: Norteamérica (desde el norte de Canadá hasta la zona sur de México).

(Jiménez et al., 2014)

*Ixobrychus exilis* (AVETORO MENOR)



*Ixobrychus exilis*, McNally Myles (The Cornell Lab of ornithology, 2018)

El macho adulto tiene la cara y cuello de color castaño, barbilla blanca, garganta y partes inferiores, con rayas marrones en la garganta, cuello y hombros de color marrón brillante, espalda negruzca, cola y plumas primarias y secundarias negras, coberteras del ala de ante o castaño. Las hembras son de mayor tamaño que los machos; tiene partes superiores de color castaño (en lugar de negras), corona oscura menos prominente, rayas oscuras en el cuello y el pecho, y un parche de ala más pálido. Hembras y machos con patas y picos amarillos.

Hábitat: Principalmente en marismas de agua dulce.

Estado de conservación: No amenazado a nivel mundial.

Distribución



Mapa de distribución del avetoro norteño (The Cornell Lab of Ornithology)

Distribución geográfica: Norteamérica, América central y parte de América del sur.

Distribución en el Estado de México: Hay registro de estas especies en la Laguna de Texcoco y las Ciénegas de Lerma (En la Laguna de Almoloya del río)

(Jiménez et al., 2014)

*Nyctanassa violacea*



*Nyctanassa violacea* (Macho/adulto); Eva Lipton, (The Cornell Lab of ornithology)

Adultos con cresta y corona de color crema, cabeza negra con franjas blancas en el rostro, cuello y pecho gris, pico negro con piel amarilla en la base, lores gris amarillento, ojos anaranjados y dedos y tarsos de color amarillo opaco. Los juveniles son parduscos con partes inferiores de colores cremas y marrones, las partes superiores con líneas y manchas pardas claras, ojos anaranjados y patas amarillas opacas. Se alimentan principalmente de crustáceos (particularmente cangrejos)



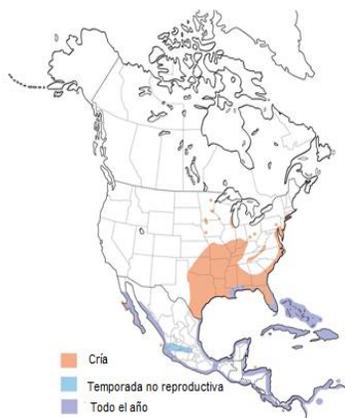
*Nyctanassa violacea* (Juvenil); Eva Lipton, (The Cornell Lab of ornithology)

Hábitat: Manglares, grandes cipreses, marismas de marea, pantanos, riberas, lagos, embalses, lagunas y costas rocosas. También ocurre en tierra firme en pequeñas islas, incluyendo pastos, céspedes y campos arados.

Estado de conservación: No amenazado a nivel mundial.

Distribución en el Estado de México: Hay registros de individuos de esta especie en Las Ciénegas del Lerma y en Temascaltepec.

Distribución



Mapa de distribución de la garza de corona amarilla (The Cornell Lab of Ornithology)

Distribución geográfica: América del Norte y parte de América central.

(Jiménez et al., 2014)