



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
División Académica de Ciencias Biológicas



**“COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE LA
COMUNIDAD DE AVES ACUÁTICAS EN EL ÁREA
NATURAL PROTEGIDA “LAGUNA DE LAS
ILUSIONES”, TABASCO, MÉXICO”**

Trabajo recepcional, en la modalidad de:

Tesis de Maestría

Para obtener el grado en:

Maestría en Ciencias Ambientales

Presenta:

Nelly Alejandra Jerez Ramírez

Directores:

Dra. Lilia María Gama Campillo
Dr Stefan Louis Arriaga Weiss

Villahermosa, Tabasco, México

Abril, 2022



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIRECCIÓN**

Villahermosa, Tab., a 31 de Marzo de 2022

ASUNTO: Autorización de Modalidad de Titulación

**C. LIC. MARIBEL VALENCIA THOMPSON
JEFE DEL DEPTO. DE CERTIFICACIÓN Y TITULACION
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
P R E S E N T E**

Por este conducto y de acuerdo a la solicitud correspondiente por parte del interesado, informo a usted, que en base al reglamento de titulación vigente en esta Universidad, ésta Dirección a mi cargo, autoriza a la **C. NELLY ALEJANDRA JEREZ RAMÍREZ** egresada de la Maestría en **CIENCIAS AMBIENTALES** de la División Académica de **CIENCIAS BIOLÓGICAS** la opción de titularse bajo la modalidad de Tesis de Maestría denominado: "**COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE LA COMUNIDAD DE AVES ACUÁTICAS EN EL ÁREA NATURAL PROTEGIDA "LAGUNA DE LAS ILUSIONES", TABASCO, MÉXICO**".

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para saludarle afectuosamente.

A T E N T A M E N T E


**DR. ARTURO GARRIDO MORA
DIRECTOR DE LA DIVISIÓN ACADÉMICA
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**U.J.A.T.
DIVISIÓN ACADÉMICA
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



DIRECCIÓN

C.c.p. - Expediente Alumno de la División Académica
C.c.p.- Interesado



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



2022 Flores
Año de Magón
PRECURSOR DE LA REVOLUCIÓN MEXICANA

DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIRECCIÓN

MARZO 31 DE 2022

**C. NELLY ALEJANDRA JEREZ RAMÍREZ
PAS. DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES
P R E S E N T E**

En virtud de haber cumplido con lo establecido en los Arts. 80 al 85 del Cap. III del Reglamento de titulación de esta Universidad, tengo a bien comunicarle que se le autoriza la impresión de su Trabajo Recepcional, en la Modalidad de Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales titulado: **"COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE LA COMUNIDAD DE AVES ACUÁTICAS EN EL ÁREA NATURAL PROTEGIDA "LAGUNA DE LAS ILUSIONES", TABASCO, MÉXICO"**, asesorado por la Dra. Lilia María Gama Campillo y Dr. Stefan Louis Arriaga Weiss, sobre el cual sustentará su Examen de Grado, cuyo jurado está integrado por el Dr. Miguel Ángel Salcedo Meza, Dra. Ena Edith Mata Zayas, Dra. Lilia María Gama Campillo, Dra. Claudia Villanueva García y Dr. Juan de Dios Valdez Leal.

Por lo cual puede proceder a concluir con los trámites finales para fijar la fecha de examen.

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

**A T E N T A M E N T E
ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE**

**DR. ARTURO GARRIDO MORA
DIRECTOR**

C.c.p.- Expediente del Alumno.
C.c.p.- Archivo

U.J.A.T.
DIVISIÓN ACADÉMICA
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



DIRECCIÓN

CARTA AUTORIZACIÓN

El que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente el Trabajo Recepcional en la modalidad de Tesis de Maestría denominado: **“COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE LA COMUNIDAD DE AVES ACUÁTICAS EN EL ÁREA NATURAL PROTEGIDA “LAGUNA DE LAS ILUSIONES”, TABASCO, MÉXICO”**, de la cual soy autor y titular de los Derechos de Autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco el Trabajo Recepcional antes mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa más no limitativa para subirla a la Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada y para los fines estipulados en éste documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco el día 31 de marzo del dos mil veintidós.

AUTORIZO



NELLY ALEJANDRA JEREZ RAMÍREZ



UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”



División
Académica
de Ciencias
Biológicas

Jefatura de Posgrado

México
2021
Año de la
Indagación



Villahermosa, Tabasco a 13 de diciembre de 2021.

LIC. NELLY ALEJANDRA JEREZ RAMÍREZ
EST. DE MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES
P R E S E N T E

En cumplimiento de los lineamientos de la Universidad, y por instrucciones de la Dirección de Posgrado, se implementó la revisión de los documentos recepcionales (Tesis), a través de la plataforma Turnitin iThenticate para evitar el plagio e incrementar la calidad en los procesos académicos y de investigación en esta División Académica. Esta revisión se realizó en correspondencia con el Código de Ética de la Universidad, el Reglamento General de Estudios de Posgrado, el Código Institucional de Ética para la Investigación y con los requerimientos para los posgrados en el PNPC-CONACyT.

Por este conducto, hago de su conocimiento las observaciones y el reporte de originalidad de su tesis. Con el objetivo de fortalecer y enriquecer el programa de posgrado, el Coordinador Académico de la Maestría, realizó la revisión del documento en la plataforma iThenticate, obteniendo el reporte de originalidad, el índice de similitud y emitió las siguientes sugerencias y recomendaciones para dar seguimiento en el documento de tesis del proyecto de investigación: ***“Composición y diversidad espacio-temporal de la comunidad de aves acuáticas en el Área Natural Protegida “Laguna de las Ilusiones”, Tabasco, México.”***

OBSERVACIONES:

1. El índice de similitud resultó en 3% de coincidencias. El cual se encuentra por debajo del límite tolerable de acuerdo con las Políticas Antiplagio de la UJAT. Las coincidencias refieren a enunciados que corresponden con los procesos metodológicos, los cuales se encuentran referenciados y con uso de citas correcto. Se confirma la originalidad del texto.

C.C.P. Dra. Lilia María Gama Campillo. Directora de tesis.
C.C.P. ARCHIVO



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



**División
Académica
de Ciencias
Biológicas**

Jefatura de Posgrado

México
2021
Año de la
Independencia



2. Se adjunta, el reporte de revisión de la tesis a través de la herramienta Turnitin iThenticate.

Sin otro particular al cual referirme, aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"


DR. ALLAN KEITH CRUZ RAMÍREZ
JEFATURA DE POSGRADO

UJAT



DIVISION ACADEMICA
CIENCIAS BIOLOGICAS
JEFATURA DE POSGRADO

C.C.P. Dra. Lilia María Gama Campillo. Directora de tesis.
C.C.P. ARCHIVO

Composición y diversidad espacio-temporal de la comunidad de aves acuáticas en el Área Natural Protegida "Laguna de las Ilusiones", Tabasco, México

INFORME DE ORIGINALIDAD

3%

ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	www.yumpu.com Internet	118 palabras — 1%
2	repositorio.una.edu.ni Internet	70 palabras — 1%
3	www.web.facpya.uanl.mx Internet	63 palabras — 1%
4	www.researchgate.net Internet	36 palabras — < 1%
5	www.biblioteca.cicimar.ipn.mx Internet	27 palabras — < 1%
6	eprints.uanl.mx Internet	26 palabras — < 1%

EXCLUIR CITAS

ACTIVADO

EXCLUIR COINCIDENCIAS DESACTIVADO

EXCLUIR BIBLIOGRAFÍA

ACTIVADO

DEDICATORIAS

A dios, por ser la fuerza que nunca me ha dejado en la oscuridad.

A mis padres y a mi hermano, por estar siempre para mí en los momentos más difíciles, porque sin su apoyo y cariño lograr mis metas sería más difícil.

A mi hijo, mi mayor creación, por darme amor incondicional e infinito.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi director, el Dr. Stefan Louis Arriaga Weiss, por sus consejos y el haberme alentado a seguir preparándome, por haberme brindado la confianza de integrarme al laboratorio de vertebrados, pero sobre todo, porque desde el comienzo de este estudio tuve su apoyo, sus correcciones y sus consejos para la planeación y redacción del mismo. También le agradezco el haberme facilitado sus herramientas para la observación e identificación de las especies, y por haber integrado al proyecto a mi codirectora, la Dra. Lilia María Gama Campillo, quien ha sido parte fundamental para el buen desarrollo del estudio, y a quien le agradezco sus consejos de redacción, su apoyo y comprensión en todo el proceso.

De igual forma, me honra mencionar a quienes son parte importante y fundamental de este preciado trabajo, mis sinodales, el Dr. Miguel Ángel Salcedo Meza, el Dr. Gorgonio Ruíz Campos, la Dra. Ena Edith Mata Zayas, la Dra. Claudia Villanueva García y el Dr. Juan de Dios Valdez Leal, por brindarme valiosos consejos, por su constante participación y apoyo en cada parte del proyecto. De igual manera, le agradezco al M.C.A. Juan Manuel Koller González por alentarme, guiarme e instruirme hacia la investigación de las aves desde la licenciatura, y especialmente por sus gratos consejos de escritura en esta investigación.

También le agradezco a mi compañero de laboratorio Calixto, por compartirme su conocimiento, para que me fuera más fácil la comprensión de temas que me eran complicados. Asimismo, agradezco su sincera amistad y compañerismo durante la realización del posgrado. Al igual que a mis compañeros de generación y a mis compañeros de doctorado, Javier García y Maru Paniagua, con los que también tuve el gusto de cursar materias juntos, les agradezco a cada uno por sus consejos, su apoyo y por su valiosa amistad.

Igualmente, agradezco al laboratorio de humedales de la División Académica de Ciencias Biológicas de la UJAT, por brindarme el apoyo en el préstamo de herramientas para la medición de parámetros físico químicos; así como al laboratorio de sedimentos de la División Académica de Ciencias Biológicas de

la UJAT, por el apoyo en la elaboración del análisis textural de las muestras de sedimento. Asimismo, agradezco a la Secretaría de Bienestar, Sustentabilidad y Cambio Climático del Estado de Tabasco, por su apoyo brindado en el préstamo de una lancha para la recolecta de muestras de sedimento. De igual manera, agradezco enormemente al propietario del Rancho El Espejo, el señor Rosique y a Don Julio, por brindarme la confianza y las facilidades para acceder a su terreno, ya que gracias a su apoyo se pudo monitorear un sitio clave para la Laguna, que marca una diferencia en los resultados del presente trabajo.

Agradezco de igual forma, a la Universidad Autónoma de Baja California y al laboratorio de Vertebrados del Dr. Gorgonio Ruíz Campos, por brindarme el mejor trato, por las facilidades, la confianza y el apoyo para la realización de la estancia académica, por su valiosa colaboración y la enseñanza brindada en el proyecto.

De igual manera, agradezco a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y a sus excelentes profesores, por el uso de sus instalaciones y por la formación académica impartida durante la realización del posgrado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada para la elaboración del presente estudio (741834).

También agradezco a mis queridos amigos, a mi familia y a mi hijo, por siempre estar conmigo, por brindarme cariño y apoyo incondicional. Gracias a mi amiga Sully Villarreal y a mi hermano por acompañarme en los monitoreos, por ayudarme a cargar el equipo y por vigilar a los cocodrilos.

Contenido

DEDICATORIAS	i
AGRADECIMIENTOS	ii
CAPITULO I	0
1.- Introducción	1
2.- Antecedentes	3
3.- Objetivos	7
3.1.- Objetivo general	7
3.2.- Objetivos específicos.....	7
4.- Justificación	8
5.- Área de estudio	9
6.- Método	11
6.1.- Selección del sitio	11
6.2.- Registro de avistamientos.....	11
6.3.- Caracterización de los sitios.....	12
6.4.- Caracterización de los macrohábitats.....	16
7.- Análisis de datos	17
8.- Referencias	20
CAPITULO II	27
Composición y diversidad espacio-temporal de la comunidad de aves acuáticas en la “Laguna de las Ilusiones”, Tabasco, México	0
Resumen	0
Palabras clave	1
Abstract	1
Keywords.....	1
Introducción	2
Materiales y métodos	4
Área de estudio	4
Muestreo de aves.....	5
Análisis de datos	8
Resultados	8
Discusión	12

Agradecimientos	19
Referencias	19
Listado de tablas	23
Listado de figuras	26
Anexo	27

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

CAPITULO I



1.- Introducción

Dentro de la diversidad de aves del mundo, México ocupa el decimosegundo lugar en número de especies, con alrededor de 1060 especies, de las cuales el 25% son de afinidad acuática (Rebón, 1991; Salido, 2000) y en su mayoría (71%) de hábitos migratorios. Este componente acuático es dependiente ecológicamente de los humedales de modo permanente o temporal para cubrir una determinada etapa de su ciclo de vida (Blanco, 1999; Ruiz-Campos *et al.*, 2005; Wetlands International, 2006; Mera-Ortiz *et al.*, 2016).

Los sistemas lacustres en México, albergan un gran número de especies de aves acuáticas, algunas de las cuales se pueden seleccionar para utilizar como indicadores, identificando sus hábitos, ya que algunas especies son más oportunistas y generalistas que otras (Green y Figuerola, 2003). Sin embargo, como en muchos lugares del mundo, están amenazadas y en proceso de extinción (Sánchez y Batres, 2007) y en consecuencia numerosas especies indicadoras han reducido sus poblaciones asociado con la disminución o pérdida de los humedales, falta de programas de conservación de estos ecosistemas y por transformaciones antropogénicas de las cuencas (cambios hidrológicos, eutrofización) de acuerdo con Green y Figuerola (2003).

En este sentido las lagunas en planicies urbanizadas son propensas a sufrir cambios en sus características físicas por la perturbación humana, lo cual tiene efectos parecidos a la perturbación por depredadores (Slabbekoorn y Peet, 2003; Ríos, 2009; Caula *et al.*, 2010).

Dentro de las ciudades, las lagunas y estanques contribuyen significativamente en el incremento de la calidad de vida, diversificando las comodidades, proporcionando actividades recreativas y educativas, e incluso contribuyendo en la regulación del clima urbano (Martínez y Jáuregui, 2000), por tanto, son hábitat para aves acuáticas, y un fuerte atractivo turístico para el estado de Tabasco y otras partes del mundo (Burger *et al.*, 1995).

En el estado de Tabasco se han reportado alrededor de 1,640 lagunas entre las cuales predominan las de tipo temporal (Valencia, 2012), siendo una de ellas la



Laguna de las Ilusiones localizada en la Ciudad de Villahermosa, con un área estimada de 259.2 Ha, de acuerdo con el decreto publicado en el Periódico Oficial del Estado de Tabasco en 1995 (Zequeira y Castillo, 2015; Ricárdez *et al.*, 2016).

Esta laguna es el hábitat de diversas aves acuáticas que están siendo afectadas por la acción humana, desde 1982, las autoridades del estado de Tabasco, tienen conocimiento de los impactos antropogénicos que se presentan en la zona del Vaso Cencali, donde el color del agua es de un tono café verdoso. En este sentido, la turbiedad es una condición natural de este cuerpo de agua (considerado de tipo eutrófico), pero la coloración manifiesta síntomas de deterioro en su calidad, según opinión de las autoridades de la Dirección de Ecología de la SBSCC (Secretaría de Bienestar, Sustentabilidad y Cambio Climático) (Aguirre *et al.*, 1998; Ricárdez *et al.*, 2016).

Se han realizado estudios técnicos y de investigación (Gobierno del Estado de Tabasco, 1987; Goñi *et al.*, 1991; Aguirre *et al.*, 1998; Rodríguez, 2002; Hansen *et al.*, 2008; Ricárdez *et al.*, 2016) que señalan algunos de estos problemas, sin embargo, las aves es un grupo presente del cual poco se ha publicado. (Zequeira y Castillo, 2015; Periódico Oficial, 2019).

Destaca el estudio realizado por el Instituto Mexicano de Tecnología de Agua (IMTA) en dos fases importantes; la primera de ella por Hansen *et al.* (2007) que consistió en la caracterización fisicoquímica del agua y sedimentos del vaso regulador Cencali; y la segunda a cargo de Afferden *et al.* (2008) que contribuyó con el diseño de un proceso para la remoción de los sedimentos de este vaso regulador (dragado por bombeo, sedimentación, transporte y secado de sedimentos). Lamentablemente, este último proceso requiere ser permanente y contar con recursos financieros propios para su operación y mantenimiento.

Actualmente sólo puede observarse físicamente partes de la infraestructura utilizada en este proceso, se estima que la remoción de los sedimentos sólo fue funcional durante un año aproximadamente (Ricárdez *et al.*, 2016), por lo que la contaminación en dichos puntos de la laguna sigue estando presente.



Por consiguiente, el objetivo del presente trabajo es caracterizar la composición y dinámica de la comunidad de aves acuáticas de la Laguna de las Ilusiones, para conocer sus atributos específicos de riqueza, abundancia, estacionalidad, gremios alimenticios y estatus de conservación, así como su relación con parámetros ambientales y de actividades derivadas de la urbanización.

2.- Antecedentes

En el contexto internacional, se han encontrado diversos estudios en lagos y lagunas donde se analiza la relación entre la vegetación y la urbanización como posibles causantes de perturbación en las comunidades de aves acuáticas.

En ellos se reconoce que los factores internos y externos relacionados con la abundancia y distribución de aves acuáticas se ven afectados por la actividad humana, es por ello, que pueden incorporarse en un esquema de monitoreo como indicadores de deterioro ambiental en lagunas (Kerekes y Pollard, 1994; Noordhuis *et al.*, 2002; Paracuellos, 2006; Paszkowski y Tonn, 2006; Hebert *et al.*, 2009; Celdrán y Aymerich, 2010). En contraparte, Burton (2007), en una evaluación sobre los efectos espaciales de la perturbación humana en las aves acuáticas, para poder comprender su papel como indicadores de deterioro ambiental, menciona que la medida en la que la perturbación les afecte variará según la disponibilidad de recursos alternativos y del estado de las aves.

La perturbación que afecta a las aves es analizada en relación a varios factores, en donde se encontró que la menor diversidad de aves acuáticas, en un lago urbano de la ciudad de Bengaluru, India, se debió a la captura de peces y las actividades locales de navegación y el denso tráfico de vehículos alrededor del lago (Rajashekara y Venkatesha, 2014). De igual forma, Rojas *et al.* (2015), en Concepción metropolitano, Chile, señalan que los humedales con menos perturbaciones antrópicas están dentro de una reserva protegida y rodeados de una matriz de paisaje seminatural; mientras que los más perturbados están más cercanos a la urbanización, lo cual indica el impacto potencial que tiene la urbanización. Sin embargo, en el estudio realizado por Rosa *et al.* (2003) se indica que las variables ambientales que están directamente influenciadas por la



urbanización a lo largo del margen del estuario del río Tajo en Portugal, tienen un gran impacto en el uso de sedimentos adyacentes por las aves acuáticas, por lo que, hay algunas especies que responden positivamente a la urbanización y a las descargas de aguas residuales.

Traut y Hostetler (2004), examinaron directamente los efectos del desarrollo determinando la composición de las aves acuáticas encontradas en cuatro lagos urbanos del centro de Florida, donde sólo consideraron los órdenes Gaviiformes, Podicipediformes, Pelecaniformes, Ciconiiformes, Anseriformes, Falconiformes, Gruiformes, Charadriiformes o Coraciiformes, encontrando que parte de la explicación de la falta de aves observadas a lo largo de la costa no desarrollada se debe a la abundancia de vegetación densa, alta y emergente. Concordando lo anterior con Velásquez *et al.* (2009), los cuales mencionan que las lagunas que mantienen una cobertura vegetal permiten la disponibilidad de recursos a especies que requieren hábitats boscosos o condiciones de baja perturbación para mantenerse estables.

De igual forma, otro estudio mostró que en cuanto a la estructura de la comunidad de aves acuáticas, los datos se correlacionaron positivamente de manera más consistente con la cantidad relativa del perímetro de humedales que estaba vegetada, el área de la superficie, la distancia al humedal más cercano, la accesibilidad pública y la irregularidad de la costa (Murray *et al.*, 2013).

Así mismo, Venkatesha y Rajashekara (2011), indican que, dentro de las características importantes para la ocurrencia y abundancia de poblaciones de aves acuáticas, están la disponibilidad de agua, hábitat seguro y fuentes de alimentos para adultos y pichones, y sitios esenciales de anidación/descanso en y alrededor de los lagos. Kusch *et al.* (2008), plantean que la riqueza de aves acuáticas en un humedal urbano en Chile Austral se ven influenciadas por las fluctuaciones del nivel del agua, y se relaciona con diferentes características de la vegetación. De igual manera, a lo largo del gradiente urbano del Río Salado en Phoenix, Arizona, sitios con permanencia de agua y con mayor vegetación emergente presentan mayor



diversidad de aves acuáticas que los sitios abiertos grandes, al igual que, niveles intermedios de urbanización mostraron mayor diversidad (Andrade *et al.*, 2017).

Dentro de los estudios realizados en México sobre aves en humedales urbanos podemos encontrar el de Mera-Ortíz *et al.* (2016), realizado en la laguna Mar Muerto en Oaxaca-Chiapas, donde encontraron que el 85% de las especies mostraron una tendencia a ser más especialistas en el uso del espacio, mientras que el resto fue más generalista al utilizar de tres a cuatro zonas identificadas en el estudio. Salido (2000), realizó un estudio en la laguna de Zapotlán, Jalisco, donde señala que los parámetros físico-químicas varían en cada estación de muestreo y tiene influencia sobre la riqueza y la abundancia de las aves acuáticas. En el trabajo realizado por Ramírez-Albores (2010), en la Depresión Central de Chiapas, los resultados concuerdan con que los hábitats modificados presentaron una proporción mayor de especies e individuos de hábitos carnívoros y granívoros comparados con los hábitats originales.

En el noroeste del país, también se han realizado trabajos en humedales, como el de Ruiz-Campos *et al.* (2005) en Baja California, donde mencionan que el rasgo que más influyó en la presencia de especies fue la alteración antropogénica, debido a que están fuertemente modificados por influencia antropogénica y la fuerte desecación de sus lagunas de inundación. Por otra parte, en la Laguna El Rosario, el habitat de vegetación emergente presentó sitios más adecuados de anidación para algunas especies de aves acuáticas, dado que proveen una fuente abundante y permanente de alimento; además de que son sitios excelentes para la protección de sus nidos y crías, contra la depredación por mamíferos terrestres (Ruiz-Campos y Rodríguez-Meraz, 1993).

En otro estudio de Ruiz-Campos y Rodríguez-Meraz (1997), en los ríos El Mayor y Hardy, y áreas adyacentes, mencionan que desde principios del presente siglo, los hábitats ribereños y acuáticos han estado sujetos a disturbios antropogénicos continuos y progresivos, lo cual ha propiciado el reemplazamiento de la vegetación ribereña autóctona por vegetación secundaria exótica, teniendo una reducción notable en la diversidad de microhábitats para las aves. De igual manera, Carmona



et al. (2008) señalan que el aumento en el número de aves playeras documentadas en la Bahía de La Paz es probablemente el resultado de un mayor esfuerzo de muestreo, particularmente en los hábitats de agua dulce, debido a la importante influencia de las lagunas artificiales en la diversidad de especies de aves.

En el estado de Tabasco Valdez *et al.* (2015), realizaron un estudio sobre la comunidad de las aves en tres hábitats de la planicie del estado, donde resaltaron que de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 el 15.60% de las especies registradas se encuentran en alguna categoría de protección y que los tipos de vegetación que se encuentran asociados a humedales o a hábitats inundables una temporada del año albergan importante riqueza de aves.

Sin embargo, en el Programa de Manejo y Conservación de la Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones se indica que los peces, tortugas y aves son grupos de especies de fauna presentes en la laguna de los cuales poco se ha publicado, a pesar de que esta laguna es la más grande dentro de la Ciudad de Villahermosa (Zequeira y Castillo, 2015).

A pesar de lo antes mencionado, se tienen estudios donde se podrían relacionar los parámetros físico-químicos de la laguna con la comunidad de aves acuáticas, como el de Ricárdez *et al.* (2016), en la Laguna de las Ilusiones y su entorno urbano, donde se encontró que los vasos reguladores Cencali y Tomás Garrido Canabal, sufren un proceso de eutrofización severo (hipereutrófico) formado principalmente por la acumulación de sedimentos provenientes de escurrimientos urbanos y aguas residuales.

De igual manera, Valencia (2012) realizó un estudio de la tendencia de los parámetros de calidad del agua en las lagunas urbanas de Villahermosa, donde incluía la Laguna de las Ilusiones, en la cual se tomó en cuenta el vaso Cencali y concluyó que la calidad de su agua pudiera depender de la forma en que son manejadas las aguas residuales y los residuos sólidos generados a su alrededor.

Asimismo, Flores *et al.* (2018), realizaron una evaluación de los parámetros físicoquímicos y metales pesados en el agua y sedimento superficial de la Laguna de las Ilusiones, donde señalan que los altos niveles de pH y temperatura



encontrados en tres zonas, así como la acumulación de altas concentraciones de metales pueden deberse a la contaminación por descargas ilícitas de aguas negras y a los minerales naturales solubles, lo cual indica que los organismos que se encuentran en el sistema lagunar están siendo afectados.

3.- Objetivos

3.1.- Objetivo general

Caracterizar la composición y dinámica espacio-temporal de la comunidad de aves acuáticas en la Laguna de las Ilusiones, Tabasco, México, y su relación con variables ambientales, paisajísticas y urbanísticas.

3.2.- Objetivos específicos

- Evaluar la riqueza, abundancia, estacionalidad, gremios alimenticios y estatus de conservación de las especies de la comunidad avifaunística de la Laguna de las Ilusiones.
- Determinar la relación entre los parámetros ecológicos de la avifauna con características de la vegetación; parámetros físico-químicos y variables de urbanización.



4.- Justificación

Las aves acuáticas pueden mantener la diversidad de otros organismos, controlar plagas y actuar como centinelas de posibles brotes de enfermedades. También han sido reconocidas como indicadores de la salud de los humedales, sin embargo, para poder asumir que estas son indicadores son necesarios los análisis y estudios adecuados, debido a que su presencia o ausencia puede deberse a varios factores, como la urbanización y factores físico-químicos, considerando que no siempre los cambios en un humedal indican cambios en la comunidad de aves acuáticas.

Las lagunas urbanas brindan una amplia gama de beneficios, ya que no solo son atractivo turístico, sino que también ayudan a mitigar las altas temperaturas y a aumentar la humedad, pudiendo llegar a crear microclimas, así como a purificar el aire, aunado a esto, son hábitat de diversas aves acuáticas residentes y migratorias, donde pueden alimentarse, refugiarse, nidificar y formar poblaciones que interactúen entre sí. Las aves acuáticas en las lagunas urbanas ofrecen paisajes únicos que dan la sensación de tranquilidad en medio de la urbanización, de igual forma, brindan un valor medio ambiental, atributos que se pueden aprovechar y manejar para su protección.

Tomando en cuenta los beneficios que brindan las aves acuáticas en los ecosistemas lagunares, es importante realizar estudios sobre estas comunidades, debido a que, se cuenta con poca información sobre las aves acuáticas presentes en la Laguna de las Ilusiones. Esto es particularmente importante por ser una Reserva Ecológica y a la fauna del lugar, la cual presenta una importante problemática, dado que las especies tienen que interactuar con elementos antrópicos del paisaje, los cuales modifican las características físicas y de la vegetación de la laguna, por lo cual no solo es un riesgo para la fauna del sitio sino para las poblaciones urbanas que se encuentran en contacto con la laguna.

El impacto de la urbanización sobre los humedales puede llegar a favorecer especies oportunistas y generalistas, las cuales también pueden modificar la ecología de la comunidad de aves acuáticas.



Es por ello, la necesidad de conocer este ecosistema acuático que es un área natural protegida y que está siendo degradado por la urbanización circundante, con lo que se podría saber su grado de conservación y si está ocurriendo una pérdida de especies de aves relevantes por cambios de condiciones ecológicas asociadas con el proceso de urbanización, ampliando el conocimiento sobre las aves acuáticas de Tabasco. Esto permitirá contar con información para ubicar áreas prioritarias de conservación, que podrán ser utilizadas para la realización de planes de conservación y manejo dentro de la Reserva Ecológica.

Con lo anterior se beneficiaría no solo a la comunidad de aves acuáticas, sino a parte de la flora y fauna que se encuentran en la laguna, también a la sociedad tabasqueña que conviva con la laguna, incrementando el desarrollo turístico de la entidad y así la economía del estado.

5.- Área de estudio

La Laguna de las Ilusiones se encuentra en la zona centro-norte de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, cuyas coordenadas geográficas son 17° 59' y 18° 01' de latitud Norte" y, 92° 56' y 92° 55' de longitud Oeste (Zequeira y Castillo, 2015; Periódico Oficial, 2019), (**Figura 1**), cuenta con una superficie de 259.2 ha (Ricárdez *et al.*, 2016) y tiene aproximadamente 41 km de perímetro (Magaña, 1988; Tuñón, 2012), fue decretada como Área Natural Protegida Estatal en febrero de 1995, con la clasificación de Reserva Ecológica, con el fin de garantizar la conservación y protección de la biodiversidad existente en este importante ecosistema natural (Zequeira y Castillo, 2015; Periódico Oficial, 2019).

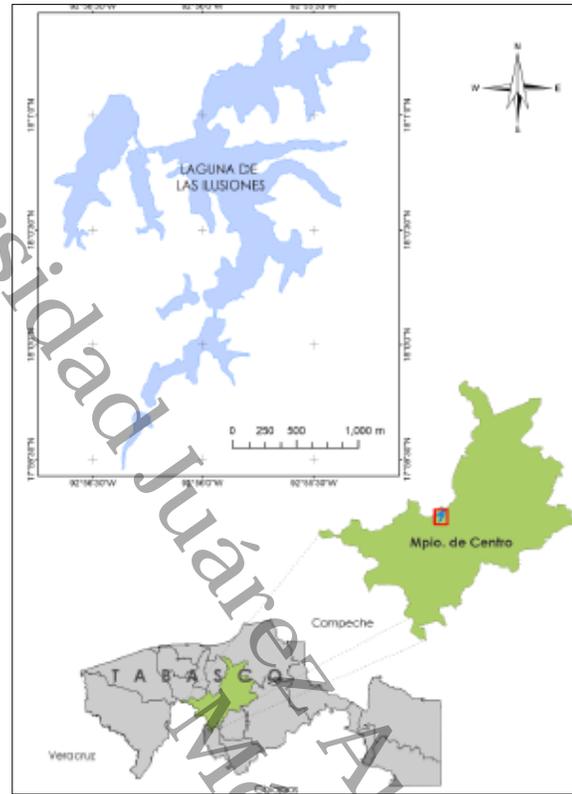


Figura 1. Localización de la Laguna de las Ilusiones (Zequeira y Castillo, 2015).

La laguna se sitúa en la cuenca baja del Río Grijalva, y se integra a la subcuenca Grijalva (CONABIO, 1998; Zequeira y Castillo, 2015; Periódico Oficial, 2019), la cual a escala local funciona como nivel de base de corrientes intermitentes de una microcuenca urbana, que puede clasificarse como endorreica, así mismo, los grupos de suelos que se presentan de mayor superficie en la zona de la laguna son Gleysol (13%), Tecnosol (5.2%) y Lixisol (5.1%) (Zequeira y Castillo, 2015; Periódico Oficial, 2019).

En la vegetación ribereña destacan las especies arbóreas, *Andira galeottiana* y *Ceiba pentandra*; y la vegetación hidrófila está dominada por *Typha latifolia*, y *Phragmites australis*; la vegetación secundaria se compone principalmente de *Hampea rovirosae* y *Malvaviscus arboreus* (Zequeira y Castillo, 2015; Periódico Oficial, 2019); también se encuentran especies de pastizal, como *Panicum maximum* y *paspalum virgatum* (Magaña, 1988). La fauna acuática que más representativa de la laguna es el manatí (*Trichechus manatus*), el cocodrilo de



pantano (*Crocodylus moreletii*) (Zequeira y Castillo, 2015; Periódico Oficial, 2019) y la mojarra colorada (*Vieja bifasciata*) (Sánchez et al., 2019). Siendo el grupo de las aves uno de los que se encuentran presentes en la laguna y del cual se ha publicado poco (Zequeira y Castillo, 2015; Periódico Oficial, 2019).

6.- Método

6.1.- Selección del sitio

Se seleccionaron de forma dirigida 12 sitios en el margen de la laguna con el auxilio de Google Earth, separados a una distancia de 500 m aproximadamente, lo cual evita el doble censado de las aves por posible movimiento entre puntos de muestreo (Ralph *et al.*, 1996).

6.2.- Registro de avistamientos

Los muestreos se realizaron en los 12 sitios de conteo (**Tabla 1**), durante un periodo de tiempo de 15 minutos por sitio. Los avistamientos se realizaron durante los meses que comprenden la temporada de secas y la de lluvias, llevándose a cabo durante dos días alternos por cada mes, haciendo un total de 8 muestreos. En todos los casos los muestreos se llevaron a cabo en las primeras 4 horas después del amanecer (Cruz *et al.*, 2013).

Tabla 1. Sitios de monitoreos de aves acuáticas de la Laguna de las Ilusiones.

SITIOS	COORDENADAS
Sitio 1: Vaso Cencali	N 17°59'39"W 092°55'22.4"
Sitio 2: Mirador Las Águilas	N 17°59'33.3"W 092°56'19.8"
Sitio 3: Parque La Venta	N 17°59'49.1"W 092°56'15.9"
Sitio 4: Secretaría de Bienestar	N 18°00'12.3"W 092°56'00.6"
Sitio 5: Puente Prados	N 17°59'56.7"W 092°55'49.4"



Sitio 6: Parque UJAT	N 18°00'18.3"W 092°55'32.2"
Sitio 7: Estacionamiento UJAT	N 18°00'29.4"W 092°55'40.3"
Sitio 8: Parque 18 de marzo (1)	N 18°00'44.1"W 092°55'28.3"
Sitio 9: Parque 18 de marzo (2)	N 18°00'36.5"W 092°56'31.4"
Sitio 10: Parque 18 de marzo (3)	N 18°00'39.3"W 092°56'26.9"
Sitio 11: Bosques de Vhsa.	N 18°00'33.1"W 092°56'37.9"
Sitio 12: Rancho El Espejo	N 18°00'44.8"W 092°56'37.7"

Para la observación de las especies se utilizaron binoculares (Bushnell Powerview 10x42mm), y la identificación se basó en las guías de Peterson y Chalif (2008), Howell y Webb (1995), National Geographic (2006) y Kauffman (2005). Se utilizó la nomenclatura propuesta por AOU (1998). Para la clasificación de los gremios alimenticios se usó la propuesta por Arriaga *et al.* (2008) y Wilman *et al.* (2014). De igual forma, se identificaron las especies de acuerdo con su estatus de conservación, con base en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Se utilizó el método de conteo por punto fijo, ya que es el más adecuado, puesto que no se tiene accesibilidad en algunas márgenes de la laguna. Este consiste en establecer puntos de conteo en donde se registran todos los individuos de cada especie vistos u oídos en un período de tiempo determinado sin prefiar un radio. Solo se registraron aves que estaban en algún elemento del hábitat y se ignoraron aquellas aves que se encontraron volando (Naranjo y Raitt, 1993; Salido, 2000).



6.3.- Caracterización de los sitios

En cada sitio se caracterizaron variables de urbanización del paisaje, parámetros físico-químicos de la laguna y el tipo de vegetación.

Las variables de urbanización se contaron en días distintos a los muestreos, una sola vez por cada sitio, en la misma hora del día en que se realizó cada sitio de muestreo, debido a que pueden causar disturbios para las aves dependiendo de la intensidad en que se encuentren. Esta categorización de variables de urbanización del paisaje se verificó tanto en campo como en el software QGIS versión 3.10.13, 2002, mediante la digitalización de los sitios, tomando en cuenta la vegetación y los edificios o construcciones, con lo cual se facilitó la caracterización del sitio de muestreo (**Figura 2**).

Las variables de urbanización que se consideraron fueron:

- a) Número de personas que transitan por minuto en el sitio (Germain *et al.*, 2008).
- b) Número de autos que pasan por minuto en el sitio (Germain *et al.*, 2008).
- c) Número de calles aledañas al sitio (Rojas *et al.*, 2015), y distancia.
- d) Número de árboles y porcentaje de cobertura arbórea (radio de 20 m), alrededor de cada sitio (Germain *et al.*, 2008). El porcentaje de cobertura arbórea se midió con un densiómetro GRS y uno esférico.
- e) Número de edificios aledaños al sitio (radio de 20 m) (Traut y Hostetler, 2004) y altura.

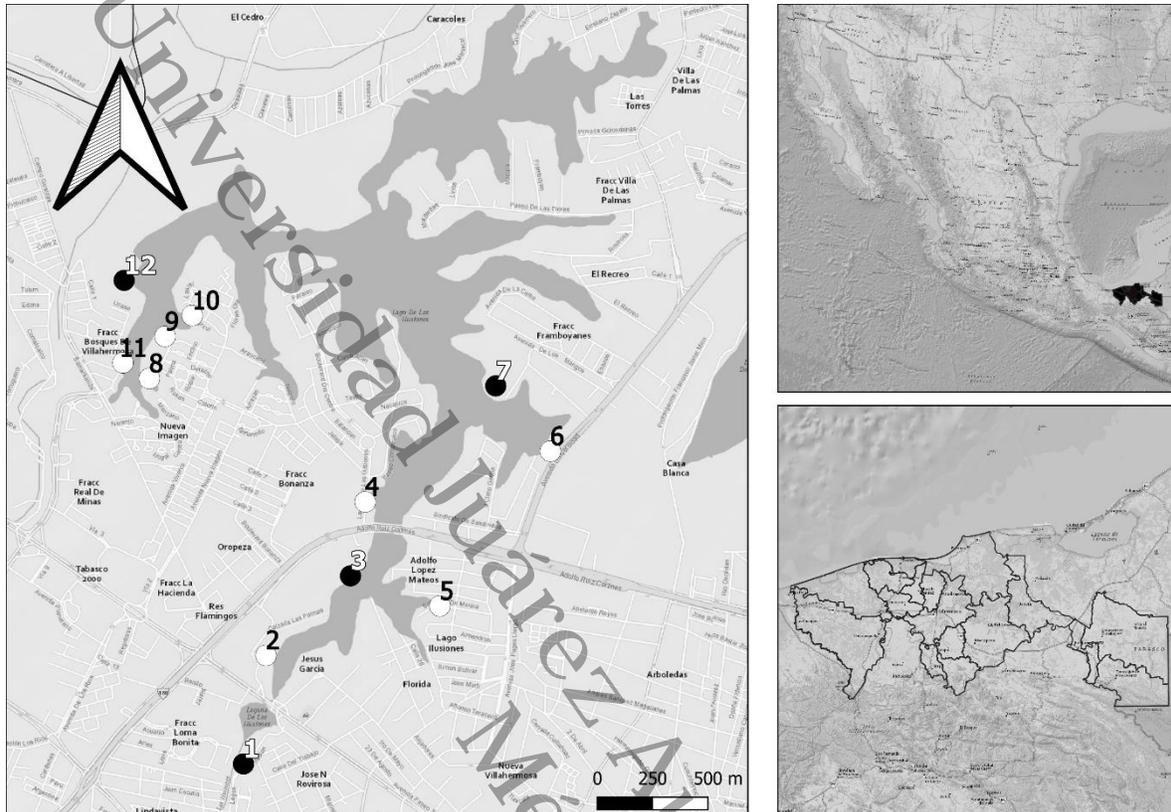


Figura 2. Mapa de la localización de la Laguna de las Ilusiones, Villahermosa, Tabasco, México. Donde se ubican los 12 sitios de monitoreo, de color negro los sitios no urbanizados (1, 3, 7 y 12), y de color blanco los sitios urbanizados (2, 4, 5, 6, 8, 9, 10 y 11).

También se midieron variables físico-químicas de la laguna, dos veces por sitio de muestreo, una vez por temporada (lluvias y secas), durante los mismos horarios de muestreos, en días distintos; debido a que los sedimentos y las características hidrológicas de los humedales pueden afectar a las comunidades de aves acuáticas a través de sus efectos en las comunidades de invertebrados (Bolduc y Afton, 2004).

Las variables físico-químicas del agua que se midieron fueron:

1) Profundidad: medida con una ecosonda marca Hondex (punto de tabulación en 10.37 cm), desde una lancha.



2) Potencial de Hidrógeno (pH): estimado con el empleo de un potenciómetro portátil, (Marín et al., 2003), marca Hanna modelo HI98107; desde aproximadamente un metro de la orilla de la laguna.

3) Transparencia: medida con el uso de un disco de Secchi, desde aproximadamente un metro de la orilla de la laguna.

Además, se recolectaron muestras de sedimento (única) con el apoyo de una lancha de la Secretaría de Bienestar, Sustentabilidad y Cambio Climático; donde se utilizó una draga tipo Petersen, y se colocaron las muestras en bolsas Ziploc de 27 cm x 24 cm x 7 cm con la ayuda de una pala de metal, que posteriormente fueron procesadas para su análisis textural en la UJAT, División Académica de Ciencias Biológicas.

Las distintas fracciones texturales se determinaron usando el método del hidrómetro de Bouyoucos (1962), el cual mide el contenido de arcilla, limo y arena. En el cual se realiza una dispersión química y una física a la muestra (Barbeito y Bono, 2006). Posteriormente, se introduce un hidrómetro en la suspensión, se lee en la escala el valor medido y se calculan los porcentajes de las fracciones (Barbeito y Bono, 2006).

Sumado a esto, el tipo de vegetación terrestre (aquella que no se encuentre cubierta por agua) y acuática (aquella que se encuentre en un radio dentro de los primeros 5 m desde la orilla) se determinó por su altura y características propias. La vegetación terrestre se clasificó como Dosel (>3 m de altura), Sotobosque (<0.5 m de altura) o Pasto (cualquier área con pasto) (Traut y Hostetler, 2004) y se cuantificó cada uno de los árboles y arbustos, el pasto se calculó por proporción de acuerdo al área, en un radio de 20 m alrededor del sitio y si se encontraban dos o más tipos de vegetación en el mismo sitio se tomaron en cuenta, así mismo, se calculó el porcentaje de cobertura arbórea con un densiómetro. La vegetación acuática, fue determinada como vegetación de hojas flotantes, Vegetación alta emergente (>1m de alto) y Baja emergente (<1m de alto) (Traut y Hostetler, 2004). Por último, se



registró el tipo de sustrato (estructura o elemento del hábitat) en que se encontró cada ave (natural, artificial o agua).

Las variables físico-químicas de ambas temporadas se promediaron, así como las de urbanización del paisaje y de vegetación, con el fin de generar una mejor interpretación de la correlación existente entre estas y la diversidad de especies de aves acuáticas.

De forma que, el porcentaje promedio de urbanización se obtuvo tomando en cuenta como sitios urbanizados a aquellos que presentaron un valor superior al 50 % de urbanización (determinado por la suma de valores obtenidos de acuerdo a las variables urbanísticas), y no urbanizados a aquellos que tuvieron un porcentaje menor al 50%. Mientras que, para determinar el porcentaje promedio de vegetación acuática y terrestre en cada sitio, se sumaron los porcentajes de vegetación terrestre (Dosel, sotobosque y pasto); así como los de la vegetación acuática (hojas flotantes, vegetación alta emergente y vegetación baja emergente).

6.4.- Caracterización de los macrohábitats

Se identificaron tres tipos de macrohábitats en la reserva ecológica, siendo aquellos sitios que a nivel paisajístico reúnen características o asociaciones específicas de vegetación (Block y Brennan, 1993; González-Romero *et al.*, 2011). Debido a que las características de la laguna no brindan una continuidad de vegetación, los macrohábitats se subdividen de acuerdo a cada uno de los doce sitios establecidos previamente.

Los macrohábitats están compuestos por las siguientes características:

- a) Sotobosque (sitios que posean valores promedio mayores al 70% de sotobosque): sitio 3.
- b) Dosel-Pasto: (sitios que posean valores promedio mayores al 30% de Dosel, mayores al 10% de pasto, menores al 70% de sotobosque y menores al 70% de vegetación acuática); sitio 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 Y 11.



c) Vegetación acuática: (sitios que posean valores promedio mayores al 70% de vegetación acuática); sitio 12.

7.- Análisis de datos

La recolección de los datos ecológicos de las aves, como son la riqueza, abundancia, estacionalidad y gremios alimenticios, se hizo en el programa de Microsoft Excel, 2016. Se realizaron pruebas *a priori* para conocer el cumplimiento de los supuestos de normalidad, a través de una prueba de rangos de sesgo y curtosis estandarizada, de igual forma, se determinaron los supuestos de homocedasticidad mediante la prueba de Kruskal Wallis, utilizando el software EstimateS versión 9.1.0 (Colwell, 2013).

Posteriormente se realizó el análisis de la diversidad alfa, el cual se refiere a la diversidad que existe dentro de las comunidades (Moreno, 2001) mediante el software EstimateS versión 9.1.0 (Colwell, 2013), con el fin de evaluar el esfuerzo de muestreo, utilizando estimadores de riqueza específica. Si los supuestos de normalidad y homocedasticidad se cumplían se usaría el índice de Alfa de Williams, debido a que no depende del tamaño de la muestra (Magurran, 1988; Moreno, 2001), el cual se basa en el modelo de la serie logarítmica de distribución de la abundancia de especies, teniendo como forma general:

$$S = \alpha \ln \frac{1 + N}{\alpha}$$

Por el contrario, si los datos no cumplían los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se usaría un método no paramétrico como el índice de Chao 2, debido a que Colwell y Coddington (1994) encontraron que el valor de Chao 2 provee el estimador menos sesgado para muestras pequeñas (Moreno, 2001), el cual tiene la siguiente forma general:



$$Chao_2 = S + \frac{L^2}{2M}$$

Donde

L = número de especies que ocurren solamente en una muestra (especies “únicas”)

M = número de especies que ocurren en exactamente dos muestras

También se calcularon índices de la estructura de la comunidad y abundancia proporcional (tanto de dominancia como de equidad), mediante el software PAST versión 3.25, 2019. Para calcular el índice de dominancia se utilizó el índice de Simpson, el cual manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie (Moreno, 2001). Con la forma general:

$$\lambda = \frac{1}{\sum p_i^2}$$

Donde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Para el análisis de equidad, se realizó el índice de Pielou, el cual mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 0.1, de forma que 0.1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988; Moreno 2001).

Para calcular la diversidad de especies de la comunidad, tanto por temporadas como por sitios, se sacó el índice de Shannon-Wiener, que expresa la igualdad de los valores, midiendo el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una muestra (Magurran, 1988; Peet, 1974; Baev y Penev, 1995; Moreno, 2001). Asumiendo que cada individuo es seleccionado al azar y están representadas todas las especies en la muestra (Moreno, 2001). Teniendo la forma general:



$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

La similitud de especies entre sitios de muestreo, así como entre meses de muestreo fueron calculados con base en el índice de Bray-Curtis, que se considera como una medida de la diferencia entre las abundancias de cada especie presente (Brower y Zar, 1984; Hernández y Beltrones, 2008), y se expresa mediante:

$$I_{BC} = 1 - \frac{\sum(x_i - y_i)}{\sum(x_i + y_i)}$$

Donde: x_i = abundancia o densidad de especies i en un conjunto 1; y_i = abundancia de las especies en el otro.

Sus aplicaciones se calcularon con base en algoritmos de unión simple, utilizando el programa PAST versión 3.25, 2019 (Hernández y Beltrones, 2008). Por otra parte, los dendrogramas fueron creados en el software STATISTICA 13.3, 2020.

Se utilizó el índice de valor biológico propuesto por Sanders (1960), con el que se determinaron las especies que tipifican la comunidad aviar (abundancia y distribución) en el sitio de estudio, o en las diferentes estaciones climáticas (época de secas y época de lluvia), el cual se utilizó para ordenar la importancia de las especies. Donde se le asignó un valor a cada especie de acuerdo a su abundancia en cada muestra, lo cual se expresa en forma de puntajes (Gutiérrez, 1999).

El cálculo del porcentaje de cobertura arbórea se realizó con un densiómetro esférico, en el cual se miden cuatro partes del área (radio de 20 m en la orilla), posteriormente se sumaron los porcentajes y se dividieron en las cuatro partes medidas (por sitio), al igual que con un densiómetro GRS.



Los cálculos realizados para resumir las variables de urbanización del paisaje, de vegetación y los gremios de las aves, así como los tipos de macrohábitats se llevaron a cabo en el software Microsoft Excel, 2016.

Para determinar la asociación entre los gremios de aves y los tipos de macrohábitats (sitios), así como la influencia de las variables (variables de vegetación, físico-químicas y de urbanización) sobre las aves y el uso de sustrato, para realizar el análisis de correlación canónica, se utilizó el paquete estadístico PAST versión 3.25, 2019, el cual es un tipo de análisis estadístico lineal de múltiples variables, descrito inicialmente por Hotelling (1935).

El análisis de correlación canónica es el más generalizado de todas las técnicas estadísticas multivariantes, donde se cuantifica la validez de la relación entre las variables, en este caso, los dos conjuntos de variables (dependiente e independiente), con el fin de dimensionar a cada conjunto de variables y maximizar la relación entre los conjuntos de variables (Castillo *et al.*, 2007).

Expresamos la forma general del análisis canónico como:

$$Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_n = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n$$



8.- Referencias

- Abarca, F. J. (2007). Técnicas para evaluación y monitoreo del estado de los humedales y otros ecosistemas acuáticos. In *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México* (pp. 113–144). <http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/533.pdf>
- Abilhoa V. y Amorin R. (2017). Effects of urbanization on the avian community in a southern Brazilian city. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 25 (1), 31-39. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF03544374.pdf>
- Andrade, R., Bateman, H. L., Franklin, J., y Allen, D. (2018). Waterbird community composition, abundance, and diversity along an urban gradient. *Landscape and Urban Planning*, 170, 103–111. <https://www.researchgate.net/publication/321113903>
- AOU. 1998. Check-list of North American Birds. 7th ed. American Ornithologists' Union, Washington DC.
- Arriaga W., S. L., Calme´, S., y Kampichler, C. (2008). Bird communities in rainforest fragments: guild responses to habitat variables in Tabasco, Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 17, 173–190. <https://www.researchgate.net/publication/226349252>
- Badii, M.H., J. Castillo, K. Cortez, A. W. y P. V. (2007). Análisis de correlación canónica (ACC) e investigación Científica. *Innovaciones de Negocio*, 4(2), 405–422. [http://eprints.uanl.mx/12486/1/A9 %281%29.pdf](http://eprints.uanl.mx/12486/1/A9%281%29.pdf)
- Banks R. C., Cicero, C., Dunn, J. L., Kratter, A. W., Rasmussen, P. C., Remsen, J. V., Stotz. (2003). Forty-fourth supplement to the American Ornithologists' Union Check-List of North American birds. *The Auk*, 120 (3), 923, 931. <https://academic.oup.com/auk/article-abstract/120/3/923/5562419> by guest on 28 May 2020
- Banville, M. J., Bateman, H. L., Earl, S. R., y Warren, P. S. (2017). Decadal declines in bird abundance and diversity in urban riparian zones. *Landscape and Urban Planning*, 159, 48–61. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.09.026>
- Barbeito, V., y Bono, A. (2006). Determinación de fracciones texturales para suelos de la región semiárida Pampeana usando variaciones al Método de Bouyoucos. In *Aspectos de la evaluación y el manejo de los suelos en la región semiárida Pampeana* (pp. 1–14). <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-publi66.pdf>
- Berlanga, H., H. Gómez de Silva, V. M. Vargas-Canales, V. Rodríguez-Contreras, L. A. Sánchez-González, R. Ortega-Álvarez y R. Calderón-Parra (2019). Aves de México: Lista actualizada de especies y nombres comunes. CONABIO, México D.F. https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/ciencia-ciudadana/documentos/Lista_actualizada_aos_2019.pdf



- Bolduc, F., y Afton, A. D. (2004). Relationships between wintering waterbirds and invertebrates, sediments and hydrology of coastal marsh ponds. *Waterbirds*, 27 (3), 333–341. [https://doi.org/10.1675/1524-0A4695\(2004\)027\[0333:RBWWAI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1675/1524-0A4695(2004)027[0333:RBWWAI]2.0.CO;2)
- Burger J., Gochfeld, M., y Niles, L. J. (1995). Ecotourism and birds in coastal New Jersey: contrasting responses of birds, tourists, and managers. *Environmental Conservation*, 22. [file:///C:/Users/hp/Downloads/11 \(1\).pdf](file:///C:/Users/hp/Downloads/11%20(1).pdf)
- Burton, N. H. K. (2007). Landscape approaches to studying the effects of disturbance on waterbirds. *Ibis*, 149(1), 95–101. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1474-919X.2007.00658.x>
- Carmona, R., Gorgonio, R. C., y Vázquez, R. (2008). Annotated checklist of shorebirds recorded at Ensenada de La Paz, Baja California Sur, México. *Wader Study Group Bull*, 115(3), 140–147. <file:///C:/Users/hp/Downloads/2008.AnnotatedchecklistofshorebirdsofEnsenadadeLaPaz.pdf>
- Caula, S. A., Giner, S. B., y Nóbrega, J. R. De. (2010). Aves urbanas: un estudio comparativo en dos parques tropicales con diferente grado de intervención humana (Valencia, Venezuela). *Faraute de Ciencias Y Tecnología*, 5 (2). <https://www.researchgate.net/publication/230695452>
- Celdrán, P. F. y Aymerich, F. R. (2010). Structure and Distribution of the Waterbird Community in the Mar Menor Coastal Lagoon (SE Spain) and Relationships with Environmental Gradients. *Waterbirds*, 33 (4), 479–493. https://www.researchgate.net/profile/Francisco_Robledano/publication/232693806_Structure_and_Distribution_of_the_Waterbird_Community_in_the_Mar_Menor_Coastal_Lagoon_SE_Spain_and_Relationships_with_Environmental_Gradients/links/55eeb49008ae199d47bf1590.pdf
- Colwell, R.K. (2013). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. URL: purl.oclc.org/estimates
- Cruz, M. A., Valdés, L. M., y Mugica, S. A. (2013). Protocolo para el monitoreo de aves acuáticas y marinas (Beatriz Ro). [http://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/1402/1/Protocolo para el monitoreo de aves acuáticas y marinas.pdf](http://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/1402/1/Protocolo%20para%20el%20monitoreo%20de%20aves%20acuáticas%20y%20marinas.pdf)
- Díaz-Cháu J. T. y Velásquez-Valencia A. (2009). Aves de una laguna urbana en el piedemonte caqueteño colombiano. *Momentos de Ciencia*, 6:(1), pp. 14 - 19. <http://www.udla.edu.co/revistas/index.php/momentos-de-ciencia/article/view/173/14-20>
- Donaldson R. M. y Henein M. K. y Runtz W. M. (2007). Assessing the effect of developed habitat on waterbird behaviour in an urban riparian system in Ottawa, Canada. *Urban Ecosyst*, 10, 139-151.



<https://www.proquest.com/openview/7402eb9fbd834dbe054912782bfd2654/1?pq-origsite=gscholar&cbl=54815>

Dunn, J.L. (2006). Field Guide to the Bird of North America. 5ta. ed. National Geographic Society, Washinton, D. C

Flores, C. M., Angel, E. Del, Frías, D. M., y Gómez, A. L. (2018). Evaluación de parámetros fisicoquímicos y metales pesados en agua y sedimento superficial de la Laguna de las Ilusiones, Tabasco, México. Revista TYCA, 9 (2). <http://revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/1670/1348>

Germain, P., Cuevas, Y., Sanhueza, C., Tizón, F. R., Loydi, A., Villalobos, A. E., y Piován, M. J. (2008). Ensamble de aves en zonas con diferente grado de urbanización en la ciudad de Bahía Blanca (Buenos Aires, Argentina). BioScriba, 1 (2), 35–45. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/30436/CONICET_Digital_Nro.24205702-b31b-41da-bb20-b9d9b87c4c86_A.pdf?sequence=2

Green, A. J., y Figuerola, J. (2003). Aves acuáticas como bioindicadores en los humedales. ResearchGate. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/28152111>

Gutiérrez, S. V. J. (1999). Abundancia y estructura comunitaria de peces de arrecife rocoso en la zona de Isla Cerralvo, B.C.S., México (Instituto Politecnico Nacional). <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/14843/1/jimenezg1.pdf>

Hernández A. y Beltrones, U. (2008). Cambios en la estructura de la asociación de diatomeas epifitas de *Macrocystis pyrifera* (L.) C. Ag. Acta Botanica Mexicana, 82, 43–66. <http://www.scielo.org.mx/pdf/abm/n82/n82a5.pdf>

Howell, S. N. G., y Webb, S. (1995). A guide to the birds of Mexico and Northern Central America (Oxford Uni). New York, U.S.A.

IUCN. (2021). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-3. <https://www.iucnredlist.org>.

Kaufman, K. (2005). Guía de campo a las aves de Norteamérica. Hillstar Editions I., C. U.S.A.

Kusch, A., Cárcamo, J., y Gómez, H. (2008). Aves acuáticas en el humedal urbano de Tres Puentes, Punta Arenas (53° s), Chile Austral. Anales Instituto Patagonia, 36 (2), 45–51. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ainpat/v36n2/art05.pdf>

Magaña A. M. A. (1988). La vegetación de la Laguna de las Ilusiones. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Marín, S. B., Cadavid, B., M., C., D, L. P., Lesmes, L., S, J. E. S., y Franco, A. (2003). Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes



marinos (aguas, sedimentos y organismos) (E. Precolombi y D. Reyes, eds.).
<http://www.invemmar.org.co/redcostera1/invemmar/docs/7010manualTécnicasanalíticas.pdf>

Martínez-Arroyo, A., y Jáuregui, E. (2000). On the environmental role of urban lakes in Mexico City. *Urban Ecosystems*, 4, 145–166.
<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1011355110475>

Mera-Ortiz, G., Ruiz-Campos, G., Gómez-González, A. E., y Velázquez, E. V. (2016). Composición y abundancia estacional de aves acuáticas en tres paisajes de la laguna Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas. *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología*, 17 (2), 251–261.
<http://www.scielo.org.mx/pdf/huitzil/v17n2/1870-7459-huitzil-17-02-00251.pdf>

Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. *Manuales y Tesis SEA*, 1, 84.

Murray, C. G., Kasel, S., Loyn, R. H., Hepworth, G., y Hamilton, A. J. (2013). Waterbird use of artificial wetlands in an Australian urban landscape. *Hydrobiologia*, 713.
<https://doi.org/10.1007/s10750-013-1558-x>

National Geographic Society. (2006). *Field Guide to the Birds of North America*. Washington, D.C. USA.

Periódico Oficial (2019). Programa de Manejo de la Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones. 1953. <https://tabasco.gob.mx/PeriodicoOficial/descargar/969>

Peterson, R. T. y E. L. Chalif. (2008). *Aves de México*. Editorial Diana, WWF, México, D.F

QGIS (2021). QGIS Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org>

Rajashekara, S., y Venkatesha, M. G. (2014). Eco-spatial and Temporal Variation in Waterbirds Composition and their relationship with Habitat Characteristics of Urban. *International Journal of Advanced Research*, 2 (7), 60–80.
<https://www.researchgate.net/publication/264323570>

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. *General Technical Report*, 159.
https://www.avesdecostarica.org/uploads/7/0/1/0/70104897/manual_de_metodos.pdf

Ramírez-Albores, J. E. (2010). Diversidad de aves de hábitats naturales y modificados en un paisaje de la Depresión Central de Chiapas, México. *Revista de Biología Tropical*, 58 (1), 511–528. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58n1/a36v58n1.pdf>

Ricárdez de la C., Ocaña, G. L., Margulis, R. G. B., y Balcázar, C. A. T. (2016). Laguna de las Ilusiones y su entorno urbano: aguas residuales, urbanas y sedimentos. *Kuxulkab´*, 22 (43), 27–38. <https://doi.org/https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a22n43.1461>



- Rojas, C., Sepúlveda-Zúñiga, E., Barbosa, O., Rojas, O., y Martínez, C. (2015). Patrones de urbanización en la biodiversidad de humedales urbanos en Concepción metropolitana. *Revista de Geografía Norte Grande*, 61, 181–204. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rgeong/n61/art10.pdf>
- Rosa, S., Palmeirim, J. M., y Moreir, F. (2003). Factors affecting waterbird abundance and species richness in an increasingly urbanized area of the Tagus estuary in Portugal. *Waterbirds*, 26 (2), 226–232. <http://www.jstor.org/page/%0Ainfo/about/policies/terms.jsp>
- Ruíz-Campos G., Palacios, E., Castillo-Guerrero, J. A., Salvador, González-Guzmán, S., y Batche-González, E. H. (2005). Composición espacial y temporal de la avifauna de humedales pequeños costeros y hábitat adyacentes en el noroeste de Baja California, México. *Ciencias Marinas*, 31(3), 553–576. <http://www.scielo.org.mx/pdf/ciemar/v31n3/v31n3a9.pdf>
- Ruíz-Campos, G., y Rodríguez-Meraz, M. (1993). Notas ecológicas sobre la avifauna de la Laguna El Rosario, Baja California, México. *The Southwestern Naturalist*, 38 (1). <file:///C:/Users/hp/Downloads/1993.NotasecolgicassobrelaavifaunadelaLagunaElRosarioBajaCalifornia.pdf>
- Ruíz-Campos, G., y Rodríguez-Meraz, M. (1997). Composición taxonómica y ecológica de la avifauna de los ríos El Mayor y Hardy, y áreas adyacentes, en el valle de Mexicali, Baja California, México. *Anales Del Instituto de Biología Serie Zoológica*, 68 (2), 291–315. <http://www.revistas.unam.mx/index.php/zoo/article/view/7192/6698>
- Salido, R. T. A. (2000). Diversidad de la comunidad de aves acuáticas y caracterización de sus hábitats en la laguna de Zapotlan, Jalisco, México. (Universidad Autónoma de Nuevo León). <http://eprints.uanl.mx/6328/1/1080095006.PDF>
- Sánchez A.J., Álvarez-Pliego N., Espinosa-Pérez H., Florido R., Macossay-Cortez A., Barba E., Salcedo M.Á. y Garrido-Mora A. (2019). Species richness of urban and rural fish assemblages in the Grijalva Basin floodplain, southern Gulf of Mexico. *CYBIUM*, 43 (3), 239-254. <https://sfi-cybiuim.fr/fr/species-richness-urban-and-rural-fish-assemblages-grijalva-basin-floodplain-southern-gulf-mexico>
- Sánchez, G. D., y Batres G. J. J. (2007). Retos de la planeación turística en la conservación de las lagunas urbanas degradadas de México. El caso de Tampico. *Cuadernos Geográficos*, 41, 241–252. <https://www.redalyc.org/pdf/171/17104112.pdf>
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-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. Diario Oficial de la Federación. Segunda Sección. (81). https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf



- Tavares C. D., Guadagnin D. L., De Moura J. F., Siciliano S. y Merico A. (2015). Environmental and anthropogenic factors structuring waterbird habitats of tropical coastal lagoons: Implications for management. *Biological Conservation*, 186, pp.12-21. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.02.027>
- Traut, A. H., y Hostetler, M. E. (2004). Urban lakes and waterbirds: effects of shoreline development on avian distribution. *Landscape and Urban Planning*, 69, 69–85. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.08.009>
- Valdez-Leal J., Méndez-López E., Pacheco-Figueroa C.J., Rangel-Ruíz L.J., Moguel-Ordoñez, E.J., Arriga-Weiss S.L., y Luna-Ruíz R. (2015). La comunidad de las aves en tres hábitats de la planicie de Tabasco, México. *Agroproductividad*, 8(5), 69–73. <https://biblat.unam.mx/hevila/Agroproductividad/2015/vol8/no5/10.pdf>
- Valencia L.M. (2012). Estudio de la tendencia de parámetros de calidad del agua en lagunas urbanas de Villahermosa, Tabasco. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Velásquez-Valencia, J. T. D.-C. A. (2009). Aves de una laguna urbana en el piedemonte caqueteno colombiano. *Momentos de Ciencia*, 6(1), 14–19. <http://www.udla.edu.co/revistas/index.php/momentos-de-ciencia/article/view/173/0>
- Venkatesha S., y Rajashekara, M. G. (2011). Community composition of aquatic birds in lakes of Bangalore, India. *Journal of Environmental Biology*, 32 (1), 77–83. http://eprints-bangaloreuniversity.in/6379/1/paper_14.pdf
- Wilman H., Belmaker, J., Simpson, J., Rosa, C. D. la, Rivadeneira, M. M., y Jetz, W. (2014). EltonTraits 1.0: Species-level foraging attributes of the world's birds and mammals. *Ecology*, 95 (7), 2027. <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1890/13-1917.1>
- Zequeira L.C., y Acosta, O. C. (2015). Programa de Manejo de la Reserva Ecológica Laguna de las Ilusiones. Retrieved from https://tabasco.gob.mx/sites/all/files/sites/sernapam.tabasco.gob.mx/files/Programa_Manejo_LagunaIlusiones.pdf



Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

CAPITULO II

1 **Composición y diversidad espacio-temporal de la comunidad de aves acuáticas en la**
2 **“Laguna de las Ilusiones”, Tabasco, México**

3
4 **Composition and spatial-temporal diversity of the aquatic bird community in the**
5 **"Laguna de las Ilusiones", Tabasco, Mexico**

6 Nelly Alejandra Jerez-Ramírez ^a, Stefan Louis Arriaga-Weiss ^a, Gorgonio Ruíz-Campos ^b,
7 Lilia María Gama-Campillo ^{c*}, Miguel Ángel Salcedo-Mesa ^d, Claudia Villanueva-García ^e,
8 Ena Edith Mata-Zayas ^e, Juan de Dios Valdez-Leal ^d.

9 ^aUniversidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas,
10 Laboratorio de Vertebrados, Carretera Villahermosa-Cárdenas, Km 0.5, entronque a
11 Bosques de Saloya; C.P. 86039; Villahermosa, Tabasco, México.

12 ^bUniversidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias, Carretera
13 Transpeninsular 3917, Frac. Playitas, C.P. 22860; Ensenada, Baja California, México.

14 ^cUniversidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas,
15 Laboratorio de Ecología del Paisaje y Cambio Global, Carretera Villahermosa-Cárdenas,
16 Km 0.5, entronque a Bosques de Saloya; C.P. 86039; Villahermosa, Tabasco, México.

17 ^dUniversidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas,
18 Laboratorio de Diagnóstico y Manejo de Humedales Tropicales, Carretera Villahermosa-
19 Cárdenas, Km 0.5, entronque a Bosques de Saloya; 86039; Villahermosa, Tabasco, México.

20 *Autor para correspondencia: lillygama@yahoo.com (Gama-Campillo)

21 **Resumen**

22 En la Laguna de las Ilusiones, ubicada en la Ciudad de Villahermosa, Tabasco,
23 México, las especies interactúan con elementos antrópicos del paisaje, por lo que se
24 realizaron avistamientos de aves acuáticas durante la temporada de secas y de lluvias del año
25 2020 en 12 sitios de muestreo, con el método de conteo por punto fijo. En estos sitios se



26 registraron variables urbanísticas, físico-químicas, de vegetación, y macrohábitats para
27 evaluar su influencia en las aves acuáticas. Un total de 1134 individuos de 25 especies se
28 registraron, de 12 familias y ocho órdenes. Las especies más avistadas fueron *Ardea alba*,
29 *Egretta thula* y *Butorides virescens*. La diversidad de especies (Shannon) fue mayor en la
30 temporada de secas ($H = 2,40$) y menor ($H = 1.89$) en la temporada de lluvias. El análisis
31 canónico demostró que a mayor porcentaje de urbanización en las inmediaciones de los sitios
32 de muestreo, la riqueza de especies disminuye.

33 Palabras clave: Humedal urbano; Especies indicadoras; Macrohábitat de dosel-pasto,
34 Urbanización del paisaje; Vegetación ribereña.

35 **Abstract**

36 In the Laguna de las Ilusiones, located in the City of Villahermosa, Tabasco,
37 Mexico, bird species interact with anthropic elements of the landscape, so waterfowl
38 sightings were made during the dry and rainy season of the year 2020 at 12 sampling sites,
39 with the fixed point counting method. In these sites, urban, physico-chemical, vegetation,
40 and macrohabitat variables were recorded to evaluate their influence on waterfowl. A total
41 of 1134 individuals of 25 species were recorded, from 12 families and eight orders. The most
42 sighted species were *Ardea alba*, *Egretta thula* and *Butorides virescens*. The species diversity
43 was higher ($H = 2.40$) in the dry season and lesser ($H = 1.89$) in the rainy season. The
44 canonical analysis showed that as the percentage of urbanization in the vicinity of the
45 sampling sites increases, the species richness decreases.

46 Keywords: Urban wetland; Indicator species; Canopy-grass macrohabitat, Landscape
47 urbanization; Riparian vegetation.



48 **Introducción**

49 En México, el 25% de 1060 especies de aves son de afinidad acuática, esto ubica
50 al país en el decimosegundo lugar en riqueza de especies de aves en el mundo (Rebón, 1991;
51 Salido, 2000) y las aves acuáticas son de hábitos migratorios en su mayoría. Estas aves son
52 dependientes de los humedales para satisfacer una determinada etapa de su ciclo de vida
53 (Blanco, 1999; Ruiz-Campos et al., 2005; Wetlands International, 2006; Mera-Ortiz *et al.*,
54 2016). Los humedales de Tabasco forman parte de una ruta migratoria Central de
55 Norteamérica (Berlanga et al., 2019) y albergan alta diversidad de aves acuáticas, tanto
56 residentes como migratorias que se alimentan, reproducen y refugian en estos ecosistemas
57 (Blanco, 1999; Ruiz-Campos et al., 2005; Wetlands International, 2006; Mera-Ortiz et al.,
58 2016). Así mismo, los humedales son considerados como indicadores de la calidad del
59 ambiente y como reguladores del clima local (Green y Figuerola, 2003). No obstante, las
60 lagunas urbanas son perturbadas por acción del hombre y esto reduce la disponibilidad de
61 sitios de calidad, afectando otros hábitats de uso secundario y en consecuencia la pérdida de
62 los servicios ecosistémicos (Berlanga et al., 2019). Esto es relevante, pues ante este escenario
63 de riesgo es requerida la evaluación de la composición y dinámica espacio-temporal de la
64 comunidad de aves acuáticas y su relación con los factores abióticos de una laguna aislada y
65 urbanizada del trópico húmedo en el sureste de México.

66 Debido a los vastos servicios ecosistémicos que realizan las aves en su migración
67 es importante conocer el estado de riesgo en que se encuentran, así como el estado de
68 conservación de la laguna. Aunado a esto, las perturbaciones humanas están reduciendo la
69 disponibilidad de estos sitios de calidad y afectando otros hábitats de uso secundario
70 (Berlanga et al., 2019). En este sentido, los humedales son considerados indicadores de la



71 calidad del ambiente, así como reguladores del clima local y de la biodiversidad (Green y
72 Figuerola, 2003).

73 Tabasco junto con Campeche presentan la mayor cantidad de humedales costeros
74 de México (Toledo, 2005; Landgrave y Moreno-Casasola, 2012; López, 2019), ya que
75 presentan alrededor de 1,640 lagunas, entre éstas predominan las lagunas temporales sobre
76 las permanentes (Valencia, 2012). Una de estas últimas lagunas es la Laguna de las Ilusiones,
77 la cual fue decretada Área Natural Protegida en 1995 y está localizada en el interior de la
78 Ciudad de Villahermosa (Periódico Oficial, 1995; Ricárdez et al., 2016; Zequeira y Castillo,
79 2015; Periódico Oficial, 2019). Sin embargo, las condiciones ecológicas prístinas de la
80 laguna se comenzaron a modificar a partir de 1982, con el vertimiento de aguas residuales
81 domésticas de las zonas aledañas que afectaron la calidad del agua y asolvamiento lacustre
82 (Aguirre et al., 1998; Ricárdez et al., 2016).

83 Esta laguna ha sido aislada de su tributario el río Carrizal, y se ha incrementado
84 la urbanización (Sánchez et al., 2019). Esto puede favorecer a especies oportunistas (Pérez-
85 García et al., 2014; Tavares et al., 2015), ya que los cambios hidrológicos pueden modificar
86 la composición de las aves acuáticas, donde los niveles altos de agua hacen complicado el
87 aterrizaje, el descanso y el forrajeo de las aves pequeñas, a diferencia de las aves buceadoras,
88 a las que esta característica les brinda un mayor beneficio (Navedo et al., 2012; Tavares et
89 al., 2015). Estas alteraciones antropogénicas en la laguna no han sido documentadas y es
90 importante su evaluación en relación con la composición y diversidad de las aves acuáticas
91 en las escalas espacio y tiempo en este ambiente lacustre.



92 **Materiales y métodos**

93 Área de estudio

94 La Laguna de las Ilusiones (fig. 1) se localiza en la zona centro-norte de la ciudad
95 de Villahermosa, Tabasco (Zequeira y Castillo, 2015; Periódico Oficial, 2019) en el Área
96 Metropolitana de Villahermosa (Hansen et al., 2007). Esta laguna se ubica en la planicie del
97 Río Grijalva (CONABIO, 1998; Zequeira y Castillo, 2015; CONAGUA, 2018; Periódico
98 Oficial, 2019) y su área corresponde con 259.2 ha, con un perímetro de 41 km
99 aproximadamente (Magaña, 1988; Tuñón, 2012; Ricárdez et al., 2016). Las principales
100 fuentes de agua son el escurrimiento y la precipitación debido a su aislamiento con su
101 tributario el Río Carrizal (Hansen et al., 2007; Sánchez et al., 2019). El vaso Cencali que se
102 encuentra dentro de la Laguna de las Ilusiones, es una de las zonas más afectadas por los
103 escurrimientos urbanos y descargas de aguas residuales (Hansen et al., 2007); donde estudios
104 ecotoxicológicos de los sedimentos indican que la vida acuática del ecosistema está afectada
105 en más del 65% (Hansen et al., 2007). Esta laguna fue decretada como Área Natural Protegida
106 Estatal en febrero de 1995, con la clasificación de Reserva Ecológica, con el fin de garantizar
107 la conservación y protección de la biodiversidad existente en este importante ecosistema
108 natural (Periódico Oficial, 1995; Zequeira y Castillo, 2015; Periódico Oficial, 2019).

109 En la vegetación ribereña destacan las especies arbóreas, *Andira galeottiana*
110 Standl., *Inga vera* Willd. y *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.; y la vegetación hidrófila está
111 dominada por *Typha latifolia* L., *Pontederia sagittata* C. Presl y *Phragmites australis* (Cav.)
112 Trin. ex Steud.; la vegetación secundaria se compone principalmente de *Hampea rovirosae*
113 Standl., *Tabernaemontana alba* Mill. y *Malvaviscus arboreus* Cav. y en las especies
114 introducidas sobresalen, *Cocos nucifera* L. (Zequeira y Castillo, 2015; Periódico Oficial,
115 2019); también se encuentran especies de pastizal, como *Panicum maximum* Jacq. y



116 *paspalum virgatum* L. (Magaña, 1988). La fauna acuática representativa de la laguna es el
117 manatí (*Trichechus manatus* Linnaeus), el cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*
118 Duméril & Bibron) (Zequeira y Castillo, 2015; Periódico Oficial, 2019), la mojarra colorada
119 (*Vieja bifasciata* Steindachner) y la mojarrita boca de fuego (*Thorichthys meeki* Brind
120 (Sánchez et al., 2019).

121 Muestreo de aves

122 Se seleccionaron 12 sitios de muestreo de aves de acuerdo con su disponibilidad
123 de acceso alrededor de la laguna (tabla 1), mismas que estuvieron separadas entre sí por una
124 distancia aproximada de 500 m (Ralph et al., 1996). Los avistamientos de aves se realizaron
125 dos días consecutivos por mes, durante dos temporadas, la de secas (enero, febrero y marzo
126 de 2020) y lluvias (agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 2020). Se usó el
127 método de conteo por punto fijo (Ralph et al., 1996). En cada sitio se estableció un punto de
128 conteo, sin prefijar un radio, en donde se registraron todos los individuos de cada especie
129 vista durante 15 minutos. Solo se registraron las aves posadas sobre alguna superficie del
130 hábitat (elemento natural, superficie del agua o estructura urbana), y no se consideraron las
131 aves en vuelo (Naranjo y Raitt, 1993; Salido, 2000). El horario de muestreo fue entre las 6:00
132 y las 11:00 hrs, donde se utilizaron binoculares (10 x 42 mm) para la ayuda en la
133 identificación de las aves.

134 En la identificación de los organismos registrados se usó el apoyo de las guías de
135 Peterson y Chalif (2008), Howell y Webb (1995), National Geographic (2006) y Kauffman
136 (2005). La nomenclatura y arreglo sistemático de las especies fue de acuerdo con la AOU
137 (1998). La clasificación de los gremios alimenticios de las especies registradas se basó en
138 Arriaga et al. (2008) y Wilman et al. (2014). El estatus de conservación de las especies fue



139 basado en la NOM-059-SEMARNAT-2010. La temporalidad de las especies fue descrita de
140 acuerdo con Ruiz-Campos et al. (2005).

141 Los atributos de la comunidad de aves estimados correspondieron con diversidad,
142 equidad, dominancia y similitud de especies, así como el índice de valor biológico. Primero
143 fue analizada la diversidad de especies (alfa), la cual fue calculada con el índice de Chao 2,
144 dado que es un estimador con escaso sesgo para muestras pequeñas (Moreno, 2001). En el
145 cálculo de la equidad de especies se utilizó el índice de Shannon (Magurran, 1988; Peet,
146 1974; Baev y Penev, 1995; Moreno, 2001); la dominancia se obtuvo con el índice de Simpson
147 (Moreno, 2001) y la similitud de especies se estimó entre sitios, y meses de muestreo por
148 medio del índice de Bray-Curtis, con el uso del programa PAST versión 3.25, (Hammer et
149 al., 2019). Para determinar las especies que tipifican la comunidad aviar en el sitio de estudio
150 se utilizó el índice de valor biológico propuesto por Sanders (1960), el cual considera la
151 importancia de las especies en términos de abundancia y frecuencia espacio-temporal de las
152 especies.

153 En cada sitio se caracterizaron variables de urbanización del paisaje, parámetros
154 físicoquímicos de la laguna y el tipo de vegetación, en el mismo horario de los avistamientos
155 de aves, pero con un día de diferencia (Bolduc y Afton, 2004). Las variables de urbanización
156 estimadas fueron: número de personas en tránsito por minuto (Germain et al., 2008), número
157 de autos en circulación por minuto (Germain et al., 2008), número y altura de edificios
158 aledaños en un radio de 20 m de acuerdo con Traut y Hostetler (2004), número de calles
159 aledañas (Rojas et al., 2015) y su distancia al sitio. La categorización de variables de
160 urbanización del paisaje se verificó en campo y se representó mediante el software QGIS



161 versión 3.16.13 (Qgis.org, 2021). Asimismo, con estas seis variables y el número de árboles,
162 de arbustos y la cobertura se determinó el porcentaje de urbanización de cada sitio (fig. 1).

163 La vegetación terrestre y acuática se registró en un radio de 5 m desde la orilla y
164 se estimó en porcentaje. Así mismo, se contabilizaron los árboles y se midió el porcentaje de
165 cobertura arbórea en un radio de 20 m (Germain et al., 2008), con un densiómetro GRS y uno
166 esférico. La vegetación terrestre se clasificó en dosel (>3 m de altura), sotobosque (<0.5 m
167 de altura) o pasto (área con pasto nativo o inducido) (Traut y Hostetler, 2004). Además se
168 cuantificó cada uno de los árboles y arbustos; mientras que para el pasto se calculó su
169 proporción de acuerdo con el área, en un radio de 20 m alrededor del sitio. La vegetación
170 acuática se clasificó de tipo flotante, alta emergente (>1m de alto) y baja emergente (<1m de
171 alto) (Traut y Hostetler, 2004). Por último, se registró el tipo de sustrato (estructura o
172 elemento del hábitat) en que se encontró cada ave.

173 Los macrohábitats del paisaje adyacentes a los sitios de muestreo fueron
174 considerados con base en el criterio siguiente, que las características distintivas de las
175 asociaciones de vegetación del área de estudio representan las unidades del paisaje (Block y
176 Brennan, 1993; González-Romero et al., 2013). Con base en lo anterior se distinguieron tres
177 macrohábitat, a) sotobosque (sitios con valores mayores al 70% en promedio); b) borde entre
178 arbolado y pasto (sitios que posean valores promedio mayores al 30% de dosel, mayores al
179 10% de pasto, menores al 70% de sotobosque y menores al 70% de vegetación acuática); c)
180 vegetación acuática (sitios que posean valores promedio mayores al 70% de vegetación
181 acuática).

182 El registro *in situ* de las variables fisicoquímicas del agua de la laguna se realizó
183 una vez por temporada (secas: enero de 2020; lluvias: diciembre de 2020). Para la medición



184 de la profundidad en metros se empleó una ecosonda marca Hondex PS-7; el potencial de
185 Hidrógeno (pH) se midió con un potenciómetro portátil Hanna modelo HI98107; la
186 temperatura del agua en °C fue registrada con un termómetro de mercurio y la transparencia
187 del agua fue registrada con un disco de Secchi en metros (INVEMAR, 2003). Las anteriores
188 mediciones fueron realizadas a un metro de la orilla de la laguna aproximadamente. La
189 recolecta de muestras del sedimento se realizó con ayuda de una draga tipo Petersen y desde
190 una lancha, para la cuantificación de su clase textural se empleó el método de Bouyoucos
191 (Barbeito y Bono, 2006).

192 Análisis de datos

193 Para determinar la relación de las variables antropogénicas, de vegetación y
194 fisicoquímicas en la abundancia total de especies por macrohábitat, gremios tróficos y
195 número de especies por macrohábitat en las dos temporadas, se utilizó un análisis canónico
196 con el paquete estadístico PAST versión 3.25 (Hammer et al., 2019).

197 **Resultados**

198 Durante los meses de monitoreo se registró un total de 1,134 individuos de 25
199 especies de aves acuáticas pertenecientes a 12 familias y ocho órdenes. De las especies
200 observadas, 17 son residentes permanentes y ocho son visitantes estacionales (tabla 2). Las
201 especies con mayor frecuencia de avistamientos fueron *Ardea alba* con 422 registros, seguido
202 de *Egretta thula* con 180 y *Butorides virescens* con 163 observaciones. En el caso de *Spatula*
203 *discors*, *Aramus guarauna* y *Thalasseus maximus* fueron las especies menos comunes, con
204 dos individuos cada una (tabla 2).

205

206 Con respecto a su estatus de conservación, dos especies están en la NOM-059-
207 SEMARNAT-2010, *A. guarauna* está catalogada en amenazada (*a*) y *Mycteria americana*



208 está sujeta a protección especial (Pr) (tabla 2). Mientras que el resto de especies no se
209 encuentran catalogadas dentro de esta norma oficial.

210 El mayor número de registros de avistamientos ($n= 251$) se obtuvo en diciembre
211 de 2020, seguido por febrero y marzo con 155 y 152 individuos, respectivamente (fig. 2),
212 correspondiendo dichos meses a la temporada de lluvias. No obstante, en esta misma
213 temporada se registró la menor cantidad de avistamientos (octubre, $n= 87$). En los
214 avistamientos por sitio de muestreo (fig. 3) destacó por su mayor cantidad ($n= 246$) el sitio
215 4 (Puente Prados), seguido por el sitio 12 (Rancho E.E., $n=147$); mientras que el sitio 11
216 (Bosques de Vhsa.) presentó el menor número de avistamientos ($n=21$). El total de esfuerzo
217 de muestreo invertido en los ocho meses de estudio representó el 96% de acumulación de
218 especies registradas de acuerdo con el estimador Chao 2 (fig. 4).

219 Los gremios tróficos de las especies de aves destacados fueron dos, el primero
220 fueron los piscívoros ($n= 19$) y el segundo los omnívoros ($n= 6$). El gremio de los piscívoros
221 fue representado principalmente por miembros de las familias Pelecanidae, Gruidae,
222 Accipitridae y Ciconiidae, mientras que los omnívoros por miembros de las familias
223 Ardeidae y Anatidae (tabla 2).

224 De acuerdo con los resultados obtenidos con el índice de Shannon, la comunidad
225 de aves acuáticas en la Laguna de las Ilusiones presentó una diversidad media de especies (H
226 $= 2.18$), mientras que, el índice de Simpson indicó una dominancia escasa de especies ($D =$
227 0.19). La diversidad de especies para cada temporada resultó en una diversidad media para
228 la temporada de secas y en la temporada de lluvias correspondió con una diversidad de
229 especies escasa (fig. 5).



230 Para la diversidad de especies en cada sitio de monitoreo, el sitio 12 (Rancho
231 E.E.) presentó la diversidad de especies mayor en comparación con los restantes sitios de
232 muestreo. El sitio 4 (Puente P.) resultó con la diversidad menor en contraste con todos los
233 sitios de muestreo (fig. 6). Mientras que, la similitud de especies fue mayor entre los sitios
234 seis y siete, ubicados en la porción Este de la laguna, con un valor de 76% (fig. 7). Las parejas
235 de sitios (5-9, y 6-10) registraron valores de 69% y 68%, respectivamente. En términos
236 temporales, la temporada de lluvias registró la similitud mayor de especies, pues se obtuvo
237 una similitud mayor entre noviembre y octubre (78%), seguido de septiembre y agosto
238 (77.7%), y de octubre y septiembre (77.3%) (fig. 8).

239 Basado en el índice de valor biológico de Sanders, las seis especies más
240 representativas tanto en abundancia como en su presencia temporal (secas y lluvias) fueron
241 *A. alba*, *E. thula*, *B. virescens*, *Phalacrocorax brasilianus*, *Nycticorax nycticorax* y
242 *Leucophaeus atricilla* (tabla 3). La abundancia de *A. alba* destacó con el primer lugar en
243 diciembre (69.32%), seguida de la abundancia de *E. thula* en marzo (32.23%) y *B. virescens*
244 en noviembre resultó con la abundancia mayor (23.30%).

245 De acuerdo a las variables urbanísticas registradas, el sitio en el cual transita el
246 mayor número de personas es el tres (9 personas/min.); la mayor cantidad de tránsito de autos
247 la tiene el sitio seis (51); la mayor distancia de calles aledañas la tiene el sitio 12 (250 m).
248 Los sitios que presentaron un mayor porcentaje de cobertura fueron dos y 12 (100%). Los
249 sitios con mayor porcentaje de cobertura fueron dos y 12 (83.2%). El sitio con la mayor
250 cantidad de edificios fue el 11 (15). Respecto a la altura de los edificios fue registrado un
251 8.3% de casas con una altura menor a los 5 m y un 75% de casas con una altura mayor a los
252 5 m, mientras que el otro 16.7% no fueron localizados edificios a su alrededor. Del total de



253 sitios monitoreados, los sitios uno, tres, siete y 12 presentaron un porcentaje de urbanización
254 menor que el 50%, mientras que los sitios dos, cuatro-seis, ocho-11, sumaron más del 50%
255 de urbanización.

256 La vegetación terrestre en los sitios tres y 10 resultaron con la mayor
257 representación del dosel (80%). Mientras que, en el sitio tres hubo una mayor representación
258 de sotobosque (30%). El sitio con mayor porcentaje de pasto fue el 12 con un 65%. Respecto
259 a la vegetación acuática, el único sitio que presenta hojas flotantes y vegetación alta
260 emergente fue el 12 con el 10% de ambos tipos de hidrófitas. Este sitio también presentó el
261 mayor porcentaje de vegetación baja emergente (10%), seguido por los sitios seis (5%) y tres
262 (3%), mientras que los sitios restantes no presentaron ningún tipo de vegetación acuática. El
263 sitio cuatro presentó la mayor cantidad de árboles (40 árboles), en contraste con el sitio tres,
264 el cual presentó la mayor cantidad de arbustos (30 arbustos).

265 De acuerdo con los diferentes macrohábitats analizados, el que presentó los
266 registros mayores de especies (17) correspondió con el de la vegetación acuática (sitio 12),
267 mismo sitio con características de urbanización menores en contraste con los restantes sitios
268 de muestreo. Sin embargo, en el dosel-pasto se obtuvo el mayor registro de individuos (877).
269 En el de sotobosque (sitio 3) la mayoría de los individuos registrados usaron sustratos
270 artificiales y en la vegetación acuática (sitio 12), la mayoría de los individuos hicieron mayor
271 uso de sustratos naturales. En el arbolado y pasto los individuos usan mayormente el sustrato
272 natural (fig. 10). El área de vegetación acuática (sitio 12) fue registrada la cantidad de
273 especies mayor que hacen uso de sustratos naturales; al igual que el de arbolado y pasto
274 cuenta con una mayor presencia de aves con preferencia al sustrato natural y a una escasa



275 profundidad del agua. En el macrohábitat de sotobosque la mayoría de las especies de aves
276 prefieren usar el sustrato artificial (fig. 11).

277 Respecto a los parámetros fisicoquímicos, el pH del agua se mantuvo de
278 ligeramente básico a básico (7.7 - 8.9) en todos los sitios de monitoreo, así como en ambas
279 temporadas. Durante la época de secas la temperatura más alta del agua de la laguna
280 fue registrada en el sitio cinco (25.9 °C); mientras que la mayor transparencia se registró en
281 el sitio seis (0.47 m.); el sitio más profundo fue el siete (2.8 m.). Durante la época de lluvias,
282 la temperatura mayor se registró en los sitios cinco y siete (25° C); en cuanto a la
283 transparencia, en los sitios cuatro y siete se obtuvo la medida más alta (0.6 m.); la profundidad
284 fue mayor en el sitio siete (2.6 m.), y la menor en el sitio uno (0.5 m.).

285 De acuerdo con el análisis de correlación canónica, los datos se ajustaron al
286 modelo de correlación en un 100%. Este análisis resultó en que los sitios 1, 2, 4, 5, 7, 8, 9 y
287 11 están más relacionados a las aves piscívoras y asociados con el porcentaje de urbanización
288 alto (>39%) (Fig. 9). El gremio de las aves omnívoras presentes en los sitios de muestreo 6,
289 10, 3 y 12 resultaron con una asociación mayor con la vegetación terrestre (100%), con la
290 mayor cobertura de vegetación acuática (>3%) y a la profundidad media (1.8 - 2.1m). El sitio
291 12 registró la mayor relación con el pH básico (8.9), el menor porcentaje de urbanización y
292 la mayor diversidad de especies (fig. 9).

293 **Discusión**

294 En la comunidad avifaunística de la Laguna de Las Ilusiones en la ciudad de
295 Villahermosa, Tabasco, las especies más abundantes durante un ciclo anual en los sitios
296 urbanizados y sin urbanización fueron *Ardea alba*, *Egretta thula* y *Butorides virescens*;
297 especies con hábitos generalistas y residentes del estado de Tabasco. Estas especies son más



298 abundantes, puesto que permanecen en los sitios, ya sea por disponibilidad de alimento o por
299 las condiciones que les brinda el humedal. Lo que se ha reportado en tres hábitats lacustres
300 de Tabasco (Valdez-Leal et. al., 2015), en los que la especie *A. alba* es de las especies más
301 comunes, al igual que en el presente trabajo.

302 La Laguna de las Ilusiones en la Ciudad de Villahermosa, a pesar de ser un
303 ecosistema lacustre antropizado, resultó con un 8% de especies dentro de la Norma Oficial
304 Mexicana 059 (SEMARNAT, 2010), donde destacan en la categoría de amenazada *Aramus*
305 *guarauna*, y sujeta a protección especial *Mycteria americana*; así mismo, todas las especies
306 se encuentran en el estatus de preocupación menor dentro de la Red List de la UICN (2021).

307 La Laguna de las Ilusiones es un ejemplo de la pérdida de conectividad
308 permanente con los ríos en un cuerpo lagunar, ocasionada por la expansión urbana (Sánchez
309 et al., 2019). Esta situación propició las características idóneas para la hipereutrofización del
310 sitio, pérdida de diversidad de especies de peces y especies invasoras, y estas son el alimento
311 principal de las aves acuáticas piscívoras (Hansen et al., 2007; Sánchez et al., 2012;
312 Palomeque De la Cruz et al., 2017; Torres-Martínez et al., 2017; Sánchez et al., 2019). Sin
313 embargo, dentro de los dos gremios tróficos registrados, las piscívoras fueron más
314 abundantes (19) que las omnívoras (6). Esta condición podría deberse a una mayor
315 disponibilidad del componente íctico, principalmente en la zona lacustre litoral, a pesar de
316 que, las poblaciones de peces en esta laguna están más afectadas por cambios en su
317 ecosistema (Gurnellet et al., 2014; Sánchez et al., 2019).

318 En los sitios 3, 6, 10 y 12 se observó una mayor asociación de las aves omnívoras
319 (e.g. *A. alba*, *B. virescens*, *Phalacrocorax brasilianus* y *Nycticorax nycticorax*) en los que se
320 registró una profundidad intermedia, esto fue similar a los resultados del estudio de Tavares



321 et al. (2015), en el cual se observó que la mayoría de los gremios presentaron una disminución
322 de la abundancia con el aumento en la profundidad del agua.

323 Las aves piscívoras (e.g. *E. thula*, *Jacana spinosa* y *Chloroceryle amazona*
324 fueron más abundantes en los sitios 1, 2 y 4; lo anterior fue asociado con un porcentaje de
325 urbanización medio (50%) y la profundidad media (0.5 m. -2.15 m.). Sin embargo, también
326 se puede asociar con la mortalidad alta de peces que ocurre de forma recurrente en estos sitios
327 (Hansen et al., 2007), y que puede atraer a un mayor número de individuos de este gremio.
328 Sin embargo, esta accesibilidad de alimento por los individuos muertos se puede atribuir a
329 las condiciones hipertróficas y por los contaminantes (Davis, 2005; Walters et al., 2009;
330 Leprieur et al., 2008; Juma et al., 2014; Arinaitwe et al., 2016; Huang et al., 2016; Wolter et
331 al., 2016; Torres-Martínez et al., 2017; Sánchez et al., 2019).

332 Debido a que la Laguna de las Ilusiones forma parte de una ruta migratoria
333 importante para diversas especies de aves acuáticas y al ser una Reserva Ecológica, esta
334 brinda protección y alimento a las poblaciones residentes, por lo que requiere constante
335 monitoreo para garantizar su conservación, ya que se ha demostrado que los pequeños
336 humedales son de importantes como sitios de escala a través de su ruta migratoria (Ruiz-
337 Campos et al., 2005; Kusch et al., 2008).

338 Esta investigación fue similar a los estudios de Ruiz-Campos et al. (2005) y
339 Sánchez-Bon et al. (2010) realizados en humedales costeros del noroeste de México, donde
340 reportan un mayor número de especies de aves acuáticas en los meses de invierno debido
341 al arribo de especies migratorias. En el presente estudio en la Laguna de Las Ilusiones, los
342 meses de invierno (enero a marzo) correspondieron a la temporada de secas. Sin embargo, la
343 similitud de especies entre meses es mayor durante la temporada de lluvias, debido a que la



344 mayoría de las especies registradas durante esta temporada fueron residentes permanentes, a
345 diferencia de la temporada de secas, donde hay un mayor dinamismo de especies por
346 migración.

347 La Reserva Ecológica de Las Ilusiones presentó una diversidad media de
348 especies, y una baja dominancia, no obstante que entre las tres especies más avistadas
349 representaron el 67.1% de todas las especies presentes en la comunidad aviar. También son
350 las especies más comunes y representativas de la laguna de acuerdo con el índice de valor
351 biológico de Sanders.

352 La mayor similitud de especies registrada por el índice de Bray-Curtis (sitios 6 y
353 7), puede deberse a que estas especies prefieren visitar sitios cercanos, puesto que no
354 comparten características físico-químicas ni de urbanización. A diferencia de estos, los sitios
355 5 y 9 también mostraron una alta similitud, lo cual se podría deber a que mantienen variables
356 similares y están influenciados por el porcentaje de urbanización alto, así como por la baja
357 transparencia; al igual que el sitio 6 y 10, donde las especies pueden verse influenciadas por
358 características más allá de la cercanía, como un porcentaje de vegetación terrestre alto,
359 porcentaje alto de vegetación acuática, pH medianamente alcalino, profundidad media y baja
360 temperatura del agua (Andrade et al., 2017).

361 Durante ambas temporadas (lluvias y secas) 12 especies aportan el 80% de
362 abundancia de individuos en la comunidad ornitológica, de las cuales las más importantes
363 fueron *A. alba*, *E. thula* y *B. virescens*. La especie *A. alba* fue también registrada como la
364 más recurrente en diferentes lagunas de la región de Villahermosa, Tabasco (Rosado, 2008).



365 En febrero se presentó el mayor número de individuos debido a la adición de
366 algunas especies visitantes estacionales como *Nyctanassa violacea*, *Pelecanus occidentalis*
367 y *M. americana*, las cuales se observaron en sitios asociados a zonas urbanas (sitios 8 y 9) y
368 no urbanizadas (sitio 12). Tanto Donaldson et al. (2007) como Burton (2007) señalan que
369 algunas especies prefieren sitios urbanizados por presentar una mayor disponibilidad de
370 alimento o de cobertura vegetal para refugio o anidación. En ese sentido, la mayoría de las
371 especies de aves en ambientes urbanos han desarrollado una mayor plasticidad ecológica que
372 las hace más tolerantes a los cambios ambientales (Kark et al., 2007; Møller, 2009; Abilhoa
373 y Amorin, 2017). Sin embargo, los sitios no urbanizados en la laguna pueden representar
374 refugios y sitios de reproducción para especies sensibles, particularmente durante el período
375 de migración e invernada, debido a la ubicación del humedal (Berlanga et al., 2019). En el
376 sitio 12 se observó una mayor diversidad de especies, el cual se caracterizó por un menor
377 grado de urbanización y una mayor cobertura por la vegetación ribereña (100%) y de la
378 acuática litoral flotante (30%).

379 Dentro de los sitios de muestreo se registró un mayor número de avistamientos
380 de especies generalistas en el sitio 1, debido a que algunas especies responden positivamente
381 a la urbanización y a las descargas de aguas residuales (Rosa et al., 2003), ya que presenta la
382 menor transparencia y profundidad del agua. En este sentido Kusch et. al. (2008), señaló que
383 la diversidad de aves acuáticas en humedales está relacionada con las fluctuaciones del nivel
384 de agua.

385 Asimismo Ricárdez et al. (2016), Valencia (2012), y Flores et al. (2018) han
386 reportado que el Vaso Cencali registró pH básico (8.9 - 9.6) y temperatura alta (28.8 - 29.9



387 °C), así como altas concentraciones de metales pesados, por lo que presenta un proceso de
388 alteración severo.

389 Se observó que conforme disminuyó la cercanía de las calles y una edificación
390 mayor adyacente con los sitios de muestreo, disminuyó la riqueza de especies de aves, lo que
391 concuerda con lo mencionado por Abilhoa y Amorin (2017). En este estudio, el sitio 11
392 ubicado en la zona noroeste de la laguna, se distingue por un alto porcentaje de urbanización
393 (55%) y por el menor número de especies (11) y de avistamientos (21).

394 De manera opuesta al sitio 11, el sitio 12 ubicado en la zona noreste de la laguna
395 presentó la mayor cantidad de especies (17), y esto se puede asociar con la mayor cobertura
396 de la vegetación acuática, pastizal inundado y con una presencia de estructuras artificiales
397 menores. Esto se puede relacionar con que la vegetación hidrófita, brinda una mayor
398 disponibilidad de alimento, refugio y anidación para las especies de hábitos limnícolas o
399 vadeadoras (Ruiz-Campos y Rodríguez-Meraz, 1993).

400 En la laguna de las Ilusiones, la orilla en su porción mayor destacó por la cubierta
401 con pasto o árboles, por lo cual se relacionó con una mayor cantidad de sitios propios del
402 macrohábitat de arbolado y pasto. En este contexto, el arbolado y pasto obtuvo el mayor
403 registro de individuos, puesto que, la mayoría de los sitios pertenecen a éste.

404 En el macrohábitat de sotobosque, en el sitio 3 la mayoría de las aves usaron los
405 elementos artificiales; y en el macrohábitat de vegetación acuática, en el sitio 12 se registró
406 la mayor cantidad de especies, es un sitio con valor para las especies migratorias y residentes,
407 pues las aves usan estos elementos naturales y aún no ha sido afectado por la urbanización.



408 Los estudios realizados en las lagunas de Villahermosa indican que las
409 poblaciones de aves acuáticas disminuyen debido a las actividades antropogénicas (Rosado,
410 2008). Sin embargo, no existen estudios previos para la Laguna de las Ilusiones en este
411 sentido, lo que destaca la presente contribución, puesto que el plan de manejo de la Reserva
412 Ecológica no contiene suficiente información acerca de las aves de la laguna.

413 Los resultados brindados por el presente estudio resaltan la importancia de la
414 Laguna de las Ilusiones, como un ecosistema clave dentro de la Ciudad de Villahermosa, que
415 a pesar de la urbanización que le rodea, presenta sitios con un menor porcentaje de
416 urbanización y con escasa alteración de la vegetación hidrófita, asociados a una mayor
417 diversidad de especies. Observable en el sitio 12, donde se presentan alteraciones
418 antropogénicas menores, una mayor diversidad de especies y presencia de especies
419 generalistas escasa. Contrariamente, tanto el mayor registro de especies generalistas como el
420 mayor número de individuos, registrado en los sitios 1 y 4 respectivamente, pueden estar
421 asociados a la mortandad de peces cíclica, lo cual disminuye la competencia por alimento.
422 Así mismo, el mayor uso de elementos artificiales, registrados en los sitios 2 y 3, puede
423 limitar a las aves acuáticas en el forrajeo y en la búsqueda de sitios de percha.

424 Ante este escenario, es relevante realizar acciones a corto, mediano y largo plazo
425 para la conservación de este humedal urbano y de las especies registradas. Se debe impulsar
426 el aviturismo en la laguna y llevar a cabo la formalización oficial del Plan de Manejo, para
427 detener el crecimiento urbano en la laguna y así asegurar la conservación de las especies
428 registradas.



429 **Agradecimientos**

430 Al programa de Maestría en Ciencias Ambientales de la Universidad Juárez
431 Autónoma de Tabasco, por la formación académica impartida durante la realización del
432 posgrado; al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), por la beca otorgada para
433 la elaboración del presente estudio (741834); al comité sinodal por su contribución y apoyo;
434 al propietario y trabajadores del Rancho El Espejo por su cooperación para acceder a su
435 terreno; al laboratorio de sedimentos de la División Académica de Ciencias Biológicas de la
436 UJAT, por el análisis textural de las muestras de sedimento; y a la Secretaría de Bienestar,
437 Sustentabilidad y Cambio Climático del Estado de Tabasco, por el apoyo de una lancha para
438 la recolecta de muestras de sedimento.

439 **Referencias**

- 440 Abilhoa V. y Amorin R. (2017). Effects of urbanization on the avian community in a southern
441 Brazilian city. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 25 (1), 31-39.
442 <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF03544374.pdf>
- 443 Andrade, R., Bateman, H. L., Franklin, J., y Allen, D. (2017). Waterbird community
444 composition, abundance, and diversity along an urban gradient. *Landscape and Urban*
445 *Planning*, 170, 103–111. <https://www.researchgate.net/publication/321113903>
- 446 AOU. 1998. Check-list of North American Birds. 7th ed. American Ornithologists' Union,
447 Washington DC.
- 448 Arriaga W., S. L., Calme', S., y Kampichler, C. (2008). Bird communities in rainforest
449 fragments: guild responses to habitat variables in Tabasco, Mexico. *Biodiversity and*
450 *Conservation*, 17, 173–190. <https://www.researchgate.net/publication/226349252>
- 451 Badii, M.H., J. Castillo, K. Cortez, A. W. y P. V. (2007). Análisis de correlación canónica
452 (ACC) e investigación Científica. *Innovaciones de Negocio*, 4(2), 405–422.
453 [http://eprints.uanl.mx/12486/1/A9 %281%29.pdf](http://eprints.uanl.mx/12486/1/A9%281%29.pdf)
- 454 Banks R. C., Cicero, C., Dunn, J. L., Kratter, A. W., Rasmussen, P. C., Remsen, J. V., Stotz.
455 (2003). Forty-fourth supplement to the American Ornithologists' Union Check-List of
456 North American birds. *The Auk*, 120 (3), 923, 931.
457 <https://academic.oup.com/auk/article-abstract/120/3/923/5562419> by guest on 28 May
458 2020
- 459 Barbeito, V., y Bono, A. (2006). Determinación de fracciones texturales para suelos de la
460 región semiárida Pampeana usando variaciones al Método de Bouyoucos. In *Aspectos*



- 461 de la evaluación y el manejo de los suelos en la región semiárida Pampeana (pp. 1–14).
462 <https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-publi66.pdf>
- 463 Berlanga, H., H. Gómez de Silva, V. M. Vargas-Canales, V. Rodríguez-Contreras, L. A.
464 Sánchez-González, R. Ortega-Álvarez y R. Calderón-Parra (2019). Aves de México:
465 Lista actualizada de especies y nombres comunes. CONABIO, México
466 D.F. [https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/ciencia-](https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/ciencia-ciudadana/documentos/Lista_actualizada_aos_2019.pdf)
467 [ciudadana/documentos/Lista_actualizada_aos_2019.pdf](https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/ciencia-ciudadana/documentos/Lista_actualizada_aos_2019.pdf)
- 468 Bolduc, F., y Afton, A. D. (2004). Relationships between wintering waterbirds and
469 invertebrates, sediments and hydrology of coastal marsh ponds. *Waterbirds*, 27 (3), 333–
470 341. [https://doi.org/10.1675/1524-0A4695\(2004\)027\[0333:RBWWAI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1675/1524-0A4695(2004)027[0333:RBWWAI]2.0.CO;2)
- 471 Burton, N. H. K. (2007). Landscape approaches to studying the effects of disturbance on
472 waterbirds. *Ibis*, 149(1), 95–101.
473 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1474-919X.2007.00658.x>
- 474 Colwell, R.K. (2013). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species
475 from samples. Version 9. URL: purl.oclc.org/estimates
- 476 Donaldson R. M. y Henein M. K. y Runtz W. M. (2007). Assessing the effect of developed
477 habitat on waterbird behaviour in an urban riparian system in Ottawa, Canada. *Urban*
478 *Ecosyst*, 10, 139-151.
479 [https://www.proquest.com/openview/7402eb9fbd834dbe054912782bfd2654/1?pq-](https://www.proquest.com/openview/7402eb9fbd834dbe054912782bfd2654/1?pq-origsite=gscholar&cbl=54815)
480 [origsite=gscholar&cbl=54815](https://www.proquest.com/openview/7402eb9fbd834dbe054912782bfd2654/1?pq-origsite=gscholar&cbl=54815)
- 481 Dunn, J.L. (2006). *Field Guide to the Bird of North America*. 5ta. ed. National Geographic
482 Society, Washinton, D. C
- 483 Flores, C. M., Angel, E. Del, Frías, D. M., y Gómez, A. L. (2018). Evaluación de parámetros
484 físicoquímicos y metales pesados en agua y sedimento superficial de la Laguna de las
485 Ilusiones, Tabasco, México. *Revista TYCA*, 9 (2).
486 <http://revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/1670/1348>
- 487 Germain, P., Cuevas, Y., Sanhueza, C., Tizón, F. R., Loydi, A., Villalobos, A. E., y Piován,
488 M. J. (2008). Ensamble de aves en zonas con diferente grado de urbanización en la
489 ciudad de Bahía Blanca (Buenos Aires, Argentina). *BioScriba*, 1 (2), 35–45.
490 [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/30436/CONICET_Digital_Nro.24205](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/30436/CONICET_Digital_Nro.24205702-b31b-41da-bb20-b9d9b87c4c86_A.pdf?sequence=2)
491 [702-b31b-41da-bb20-b9d9b87c4c86_A.pdf?sequence=2](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/30436/CONICET_Digital_Nro.24205702-b31b-41da-bb20-b9d9b87c4c86_A.pdf?sequence=2)
- 492 Green, A. J., y Figuerola, J. (2003). Aves acuáticas como bioindicadores en los humedales.
493 ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/28152111>
- 494 González-Romero, A., R. Murrieta-Galindo., López-Barrera F., Parra-Olea G. (2013).
495 *Agroforest Syst* (2013) 87:767–779. Coffee agrosystems: an important refuge for
496 amphibians in central Veracruz, Mexico. DOI 10.1007/s10457-013-9595-z.
- 497 Hammer, ø, Harper, D.A.T., Ryan, P.D. (2020). PAST: Paleontological Statistics software
498 package for education and data analysis v. 4.03. Natural History Museum, University of
499 Oslo. <http://folk.uio.no/ohammer/past/>.



- 500 Hansen A. M., Afferden M.V. y Torres-Bejarano F. (2007). Saneamiento del vaso Cencali,
501 Villahermosa, Tabasco. I. Contaminación y reúso de sedimentos. Ingeniería hidráulica
502 en México. 22 (4), 87-102.
503 file:///C:/Users/hp/Downloads/HansenvanAfferdenTorres2007.pdf
- 504 Howell, S. N. G. y Webb, S. (1995). A guide to the birds of Mexico and Northern Central
505 America (Oxford Uni). New York, U.S.A.
- 506 INVEMAR (2003). Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros
507 fisicoquímicos y contaminantes marinos (Aguas, sedimentos y organismos).
508 www.invemar.org.co
- 509 IUCN. (2021). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-3.
510 <https://www.iucnredlist.org>.
- 511 Kaufman, K. (2005). Guía de campo a las aves de Norteamérica. Hillstar Editions I, C.
512 U.S.A.
- 513 Kusch, A., Cárcamo, J., y Gómez, H. (2008). Aves acuáticas en el humedal urbano de Tres
514 Puentes, Punta Arenas (53° s), Chile Austral. Anales Instituto Patagonia, 36 (2), 45–51.
515 <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ainpat/v36n2/art05.pdf>
- 516 López J. L. N. (2019). Tabasco es el edén de los humedales. Kuxulkab', 25 (52) 39-51
517 file:///C:/Users/hp/Downloads/HansenvanAfferdenTorres2007.pdf
- 518 Magaña A. M. A. (1988). La vegetación de la Laguna de las Ilusiones. Universidad Juárez
519 Autónoma de Tabasco.
- 520 Mera-Ortiz, G., Ruiz-Campos, G., Gómez-González, A. E., y Velázquez, E. V. (2016).
521 Composición y abundancia estacional de aves acuáticas en tres paisajes de la laguna
522 Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas. Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología, 17 (2), 251–
523 261. <http://www.scielo.org.mx/pdf/huitzil/v17n2/1870-7459-huitzil-17-02-00251.pdf>
- 524 Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. Manuales y Tesis SEA, 1, 84.
- 525 National Geographic Society. (2006). Field Guide to the Birds of North America.
526 Washington, D.C. USA.
- 527 Periódico Oficial (2019). Programa de Manejo de la Reserva Ecológica Laguna de las
528 Ilusiones. 1953. <https://tabasco.gob.mx/PeriodicoOficial/descargar/969>
- 529 Peterson, R. T. y E. L. Chalif. (2008). Aves de México. Editorial Diana, WWF, México, D.F
- 530 QGIS (2021). QGIS Geographic Information System. QGIS Association.
531 <http://www.qgis.org>
- 532 Ralph, C. J., Geupel, G. R., Pyle, P., Martin, T. E., DeSante, D. F., y Milá, B. (1996). Manual
533 de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. General Technical Report,
534 159.
535 https://www.avesdecostarica.org/uploads/7/0/1/0/70104897/manual_de_metodos.pdf



- 536 Ricárdez de la C., Ocaña, G. L., Margulis, R. G. B., y Balcázar, C. A. T. (2016). Laguna de
537 las Ilusiones y su entorno urbano: aguas residuales, urbanas y sedimentos. *Kuxulkab´*,
538 22 (43), 27–38. <https://doi.org/https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a22n43.1461>
- 539 Rojas, C., Sepúlveda-Zúñiga, E., Barbosa, O., Rojas, O., y Martínez, C. (2015). Patrones de
540 urbanización en la biodiversidad de humedales urbanos en Concepción metropolitano.
541 *Revista de Geografía Norte Grande*, 61, 181–204.
542 <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rgeong/n61/art10.pdf>
- 543 Rosa, S., Palmeirim, J. M., y Moreir, F. (2003). Factors affecting waterbird abundance and
544 species richness in an increasingly urbanized area of the Tagus estuary in Portugal.
545 *Wasterbirds*, 26 (2), 226–232.
546 <http://www.jstor.org/page/%0Ainfo/about/policies/terms.jsp>
- 547 Rosado A. E. (2008). Avifauna acuática asociada al área de influencia del PICI en Tabasco.
548 UJAT.
- 549 Ruíz-Campos G., Palacios, E., Castillo-Guerrero, J. A., Salvador, González-Guzmán, S., y
550 Bathe-González, E. H. (2005). Composición espacial y temporal de la avifauna de
551 humedales pequeños costeros y hábitats adyacentes en el noroeste de Baja California,
552 México. *Ciencias Marinas*, 31(3), 553–576.
553 <http://www.scielo.org.mx/pdf/ciemar/v31n3/v31n3a9.pdf>
- 554 Ruíz-Campos, G., y Rodríguez-Meraz, M. (1993). Notas ecológicas sobre la avifauna de la
555 Laguna El Rosario, Baja California, México. *The Southwestern Naturalist*, 38 (1).
556 Retrieved from file:///C:/Users/hp/Downloads/1993.NotasecolgicassobrelaavifaunadelaLagunaElRosa
557 rioBajaCalifornia.pdf
- 559 Salido, R. T. A. (2000). Diversidad de la comunidad de aves acuáticas y caracterización de
560 sus hábitats en la laguna de Zapotlan, Jalisco, México. (Universidad Autónoma de
561 Nuevo León). Retrieved from <http://eprints.uanl.mx/6328/1/1080095006.PDF>
- 562 Sánchez A.J., Álvarez-Pliego N., Espinosa-Pérez H., Florido R., Macossay-Cortez A., Barba
563 E., Salcedo M.Á. y Garrido-Mora A. (2019). Species richness of urban and rural fish
564 assemblages in the Grijalva Basin floodplain, southern Gulf of Mexico. *CYBIUM*, 43
565 (3), 239-254. [https://sfi-cybiium.fr/fr/species-richness-urban-and-rural-fish-](https://sfi-cybiium.fr/fr/species-richness-urban-and-rural-fish-assemblages-grijalva-basin-floodplain-southern-gulf-mexico)
566 [assemblages-grijalva-basin-floodplain-southern-gulf-mexico](https://sfi-cybiium.fr/fr/species-richness-urban-and-rural-fish-assemblages-grijalva-basin-floodplain-southern-gulf-mexico)
- 567 Sánchez-Bon G., Fernández G., Escobedo-Urías D., Torres-Torner J., Cid-Becerra
568 J.A. Composición espacial y temporal de la avifauna de las islas de barrera del complejo
569 lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule, Sinaloa, México. *Ciencias Marinas* (2010),
570 36(4): 355–370. <http://www.scielo.org.mx/pdf/ciemar/v36n4/v36n4a4.pdf>
- 571 Sanders, H.L. (1960). Benthic studies in Buzzard Bay. III. The structure of the softbottom
572 community. *Limnol. Oceanogr.*, 5 138-153.
573 <https://aslopubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.4319/lo.1960.5.2.0138>
- 574 SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2010). Norma Oficial
575 Mexicana NOM-059-ECOL-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de
576 flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión,



577 exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación.
578 Segunda Sección. (81).
579 [https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.](https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf)
580 pdf

581 Tavares C. D., Guadagnin D. L., De Moura J. F., Siciliano S. y Merico A. (2015).
582 Environmental and anthropogenic factors structuring waterbird habitats of tropical
583 coastal lagoons: Implications for management. *Biological Conservation*, 186, pp.12-21.
584 <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.02.027>

585 Traut, A. H., y Hostetler, M. E. (2004). Urban lakes and waterbirds: effects of shoreline
586 development on avian distribution. *Landscape and Urban Planning*, 69, 69–85.
587 <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.08.009>

588 Valdez-Leal, J., Méndez-López E., Pacheco-Figueroa C. J., Rangel-Ruíz L. J., Moguel-
589 Ordoñez E. M., Arriga-Weiss S. L., y Luna-Ruíz, R. (2015). La comunidad de las aves
590 en tres hábitats de la planicie de Tabasco, México. *Agroproductividad*, 8(5), 69–73.
591 <https://biblat.unam.mx/hevila/Agroproductividad/2015/vol8/no5/10.pdf>

592 Valencia L.M. (2012). Estudio de la tendencia de parámetros de calidad del agua en lagunas
593 urbanas de Villahermosa, Tabasco. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

594 Wilman H., Belmaker, J., Simpson, J., Rosa, C. D. 1a, Rivadeneira, M. M., y Jetz, W. (2014).
595 EltonTraits 1.0: Species-level foraging attributes of the world's birds and mammals.
596 *Ecology*, 95 (7), 20-27.
597 <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1890/13-1917.1>

598 Zequeira L.C., y Acosta, O. C. (2015). Programa de Manejo de la Reserva Ecológica Laguna
599 de las Ilusiones. Retrieved from
600 https://tabasco.gob.mx/sites/all/files/sites/sernapam.tabasco.gob.mx/files/Programa_M
601 [anejo_LagunaIlusiones.pdf](https://tabasco.gob.mx/sites/all/files/sites/sernapam.tabasco.gob.mx/files/Programa_M)

602

603 **Listado de tablas**

604

605 **Tabla 1.** Sitios de monitoreos de aves acuáticas de la Laguna de las Ilusiones.

606

SITIOS	COORDENADAS
Sitio 1: Vaso Cencali	N 17°59'39"W 092°55'22.4"
Sitio 2: Mirador Las Águilas	N 17°59'33.3"W 092°56'19.8"
Sitio 3: Parque La Venta	N 17°59'49.1"W 092°56'15.9"
Sitio 4: Secretaría de Bienestar	N 18°00'12.3"W 092°56'00.6"
Sitio 5: Puente Prados	N 17°59'56.7"W 092°55'49.4"
Sitio 6: Parque UJAT	N 18°00'18.3"W 092°55'32.2"



Sitio 7: Estacionamiento UJAT	N 18°00'29.4"W 092°55'40.3"
Sitio 8: Parque 18 de marzo (1)	N 18°00'44.1"W 092°55'28.3"
Sitio 9: Parque 18 de marzo (2)	N 18°00'36.5"W 092°56'31.4"
Sitio 10: Parque 18 de marzo (3)	N 18°00'39.3"W 092°56'26.9"
Sitio 11: Bosques de Vhsa.	N 18°00'33.1"W 092°56'37.9"
Sitio 12: Rancho El Espejo	N 18°00'44.8"W 092°56'37.7"

607

608

609 **Tabla 2.** Registro de aves acuáticas de la Laguna de las Ilusiones durante la época de secas
610 y lluvias de 2020, donde la estacionalidad está clasificada como Rp= Residente permanente
611 y Ve= Visitante estacional; la clasificación de la NOM-059 es A= Amenazada y Pr= Sujeta
612 a Protección Especial. La última columna indica la clasificación de la Red List de la IUCN,
613 donde todas se encuentran dentro de la categoría LC= preocupación menor.

614

Familia	Especie	Abundancia	Registros	Gremio alimenticio	Estacionalidad	NOM-059	AOU nombre	IUCN R.L.
Scolopacidae	<i>Actitis macularius</i>	12	6	Piscívoro	Rp		Spotted Sandpiper	LC
Anhingidae	<i>Anhinga anhinga</i>	24	6	Piscívoro	Rp		Anhinga	LC
Aramidae	<i>Aramus guarauna</i>	2	1	Omnívoro	Rp	A	Limpkin	LC
Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	422	8	Piscívoro	Rp		Great Egret	LC
Ardeidae	<i>Ardea herodias</i>	22	7	Piscívoro	Rp		Great Blue Heron	LC
Ardeidae	<i>Butorides virescens</i>	163	8	Piscívoro	Rp		Green Heron	LC
Scolopacidae	<i>Calidris minutilla</i>	3	3	Piscívoro	Ve		Least Sandpiper	LC
Alcedinidae	<i>Chloroceryle amazona</i>	17	5	Omnívoro	Rp		Amazon Kingfisher	LC



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



Alcedinidae	<i>Chloroceryle americana</i>	27	7	Piscívoro	Rp		Green Kingfisher	LC
Anatidae	<i>Dendrocygna autumnalis</i>	25	6	Omnívoro	Rp		Black-bellied Whistling-duck	LC
Ardeidae	<i>Egretta caerulea</i>	12	5	Piscívoro	Rp		Little Blue Heron	LC
Ardeidae	<i>Egretta thula</i>	180	8	Omnívoro	Rp		Snowy Egret	LC
Ardeidae	<i>Egretta tricolor</i>	17	5	Piscívoro	Rp		Tricoloured Heron	LC
Laridae	<i>Hydroprogne caspia</i>	16	3	Piscívoro	Ve		Caspian Tern	LC
Jacaniidae	<i>Jacana spinosa</i>	22	7	Omnívoro	Rp		Northern Jacana	LC
Laridae	<i>Leucophaeus atricilla</i>	27	5	Piscívoro	Rp		Laughing Gull	LC
Alcedinidae	<i>Megaceryle torquata</i>	18	6	Piscívoro	Rp		Ringed Kingfisher	LC
Ciconiidae	<i>Mycteria americana</i>	3	2	Piscívoro	Ve	Pr	Wood Stork	LC
Ardeidae	<i>Nyctanassa violacea</i>	2	2	Piscívoro	Ve		Yellow-crowned Night-heron	LC
Ardeidae	<i>Nycticorax nycticorax</i>	54	8	Piscívoro	Rp		Little Blue Heron	LC
Pandionidae	<i>Pandion haliaetus</i>	2	2	Piscívoro	Ve		Osprey	LC
Pelecanidae	<i>Pelecanus occidentalis</i>	6	2	Piscívoro	Ve		Brown Pelican	LC
Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	54	8	Piscívoro	Rp		Neotropic Cormorant	LC
Anatidae	<i>Spatula discors</i>	2	1	Omnívoro	Ve		Blue-winged Teal	LC
Laridae	<i>Thalasseus maximus</i>	2	1	Piscívoro	Ve		Royal Tern	LC

615

616



617 **Tabla 3.** Puntajes obtenidos del IVB entre los 8 meses de monitoreo (Época de secas y
618 lluvias) de las aves acuáticas de la Laguna de las Ilusiones. Donde IVB es el Índice de Valor
619 Biológico, orden de importancia de acuerdo al puntaje de IVB es (IMP/IVB), y el orden de
620 importancia de acuerdo a su valor de abundancia total (IMP/ABT), así como la abundancia
621 total por especie (ABT).

622

Especies	Matriz de puntajes								IMP			
	1	2	3	4	5	6	7	8	IVB	IVB	ABT	
	Enero	Febrero	Marzo	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	IVB	IVB	ABT	
<i>Ardea alba</i>	9	11	6	5	6	6	9	3	55	1	1	422
<i>Egretta thula</i>	8	10	5	4	5	5	8	2	47	2	2	180
<i>Butorides virescens</i>	7	9	4	3	4	4	7	1	39	3	3	163
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	6	8	3	2	3	3	6	0	31	4	4	54
<i>Nycticorax nycticorax</i>	5	7	2	1	2	2	5	0	24	5	4	54
<i>Leucophaeus atricilla</i>	5	6	1	0	1	2	5	0	20	6	5	27

623

624 **Listado de figuras**

625 **Figura 1.** Mapa de la localización de la Laguna de las Ilusiones, Villahermosa, Tabasco,
626 México. Donde se ubican los 12 sitios de monitoreos, de color negro los sitios no urbanizados
627 (1, 3, 7 y 12), y de color blanco los sitios urbanizados (2, 4, 5, 6, 8, 9, 10 y 11).

628 **Figura 2.** Avistamientos de aves acuáticas dentro de la Laguna de las Ilusiones, donde el eje
629 X muestra los meses de monitoreo de aves y el eje Y el número de avistamientos de aves
630 acuáticas observadas durante el 2020 (n=1134).

631 **Figura 3.** Avistamientos de aves acuáticas dentro de la Laguna de las Ilusiones, donde el eje
632 X muestra los sitios de monitoreo de aves y el eje Y número de avistamientos de aves
633 acuáticas observadas durante el 2020 (n= 1134).

634 **Figura 4.** Curva de acumulación de especies de datos calculados y datos esperados de
635 acuerdo al estimador Chao 2 sobre las aves acuáticas de la Laguna de las Ilusiones,
636 monitoreadas durante la época de secas y lluvias del 2020.

637 **Figura 5.** Diversidad de especies de aves acuáticas dentro de la Laguna de las Ilusiones
638 durante la temporada de secas y la de lluvias del año 2020.

639 **Figura 6.** Diversidad de especies de aves acuáticas dentro de la Laguna de las Ilusiones en
640 los 12 sitios monitoreados durante el año 2020.



641 **Figura 7.** Similitud entre sitios de monitoreo de aves acuáticas de la Laguna de las Ilusiones,
642 dentro de los puntos de monitoreo, durante la época de secas y lluvias del 2020.

643 **Figura 8.** Similitud entre meses de monitoreo de aves acuáticas de la Laguna de las Ilusiones,
644 durante la época de secas y lluvias.

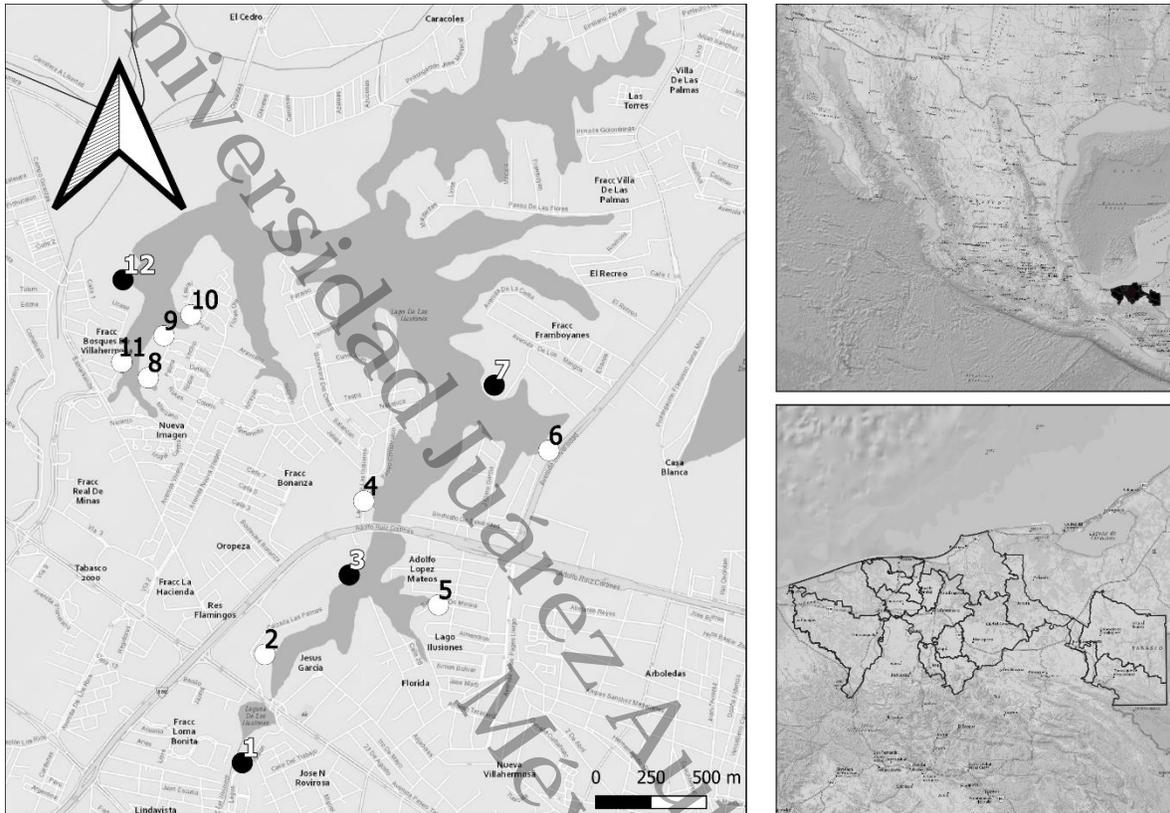
645 **Figura 9.** Gráfico de dispersión de la correlación canónica entre variables (Mayúsculas),
646 gremios de aves acuáticas (Pis= piscívoras, y Omn= omnívoras) de la Laguna de las
647 Ilusiones, y los sitios de monitoreo (números).

648 **Figura 10.** Gráfico de dispersión de la correlación canónica entre los tipos de macrohábitats
649 registrados en la Laguna de las Ilusiones (letras con la inicial M.), los parámetros físico-
650 químicos (letras mayúsculas) y el número de individuos de aves acuáticas en cada tipo de
651 sustrato (letras con la inicial S) registrado en cada sitio de monitoreo (números del 1 al 12).

652 **Figura 11.** Gráfico de dispersión de la correlación canónica entre los tipos de macrohábitats
653 registrados en la Laguna de las Ilusiones (letras con la inicial M.), los parámetros físico-
654 químicos (letras mayúsculas) y el número de especies de aves acuáticas en cada tipo de
655 sustrato (letras con la inicial S) registrado en cada sitio de monitoreo (números del 1 al 12).

656

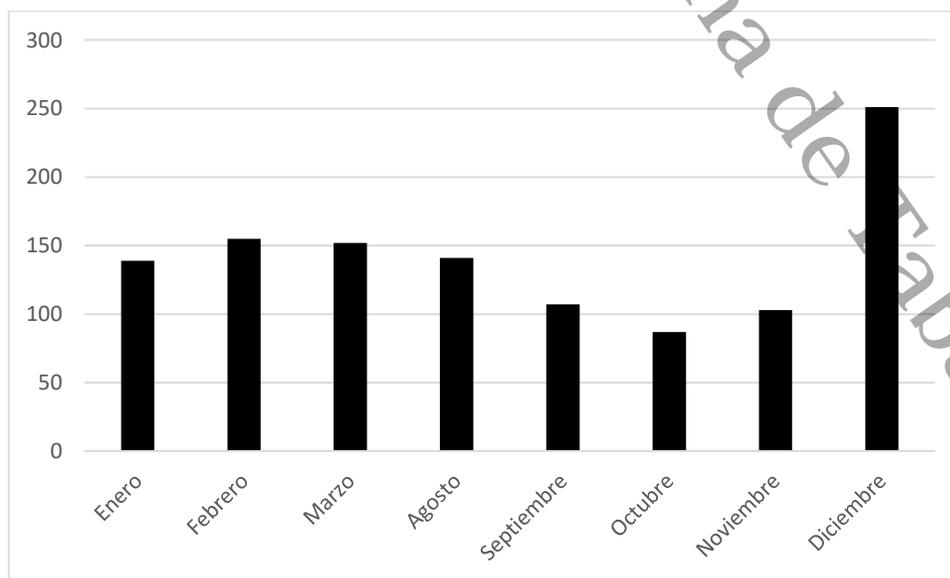
Anexo



657

658 **Figura 1.** Mapa de la localización de la Laguna de las Ilusiones, Villahermosa, Tabasco,
659 México. Donde se ubican los 12 sitios de monitoreos, de color negro los sitios no urbanizados
660 (1, 3, 7 y 12), y de color blanco los sitios urbanizados (2, 4, 5, 6, 8, 9, 10 y 11).

661

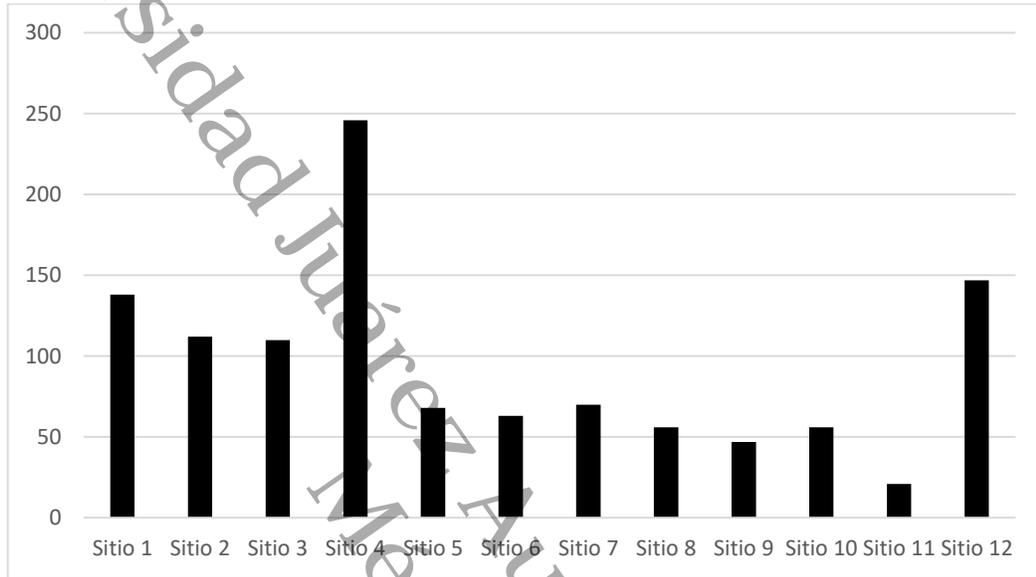


662



663 **Figura 2.** Avistamientos de aves acuáticas dentro de la Laguna de las Ilusiones, donde el eje
664 X muestra los meses de monitoreo de aves y el eje Y el número de avistamientos de aves
665 acuáticas observadas durante el 2020 (n=1134).

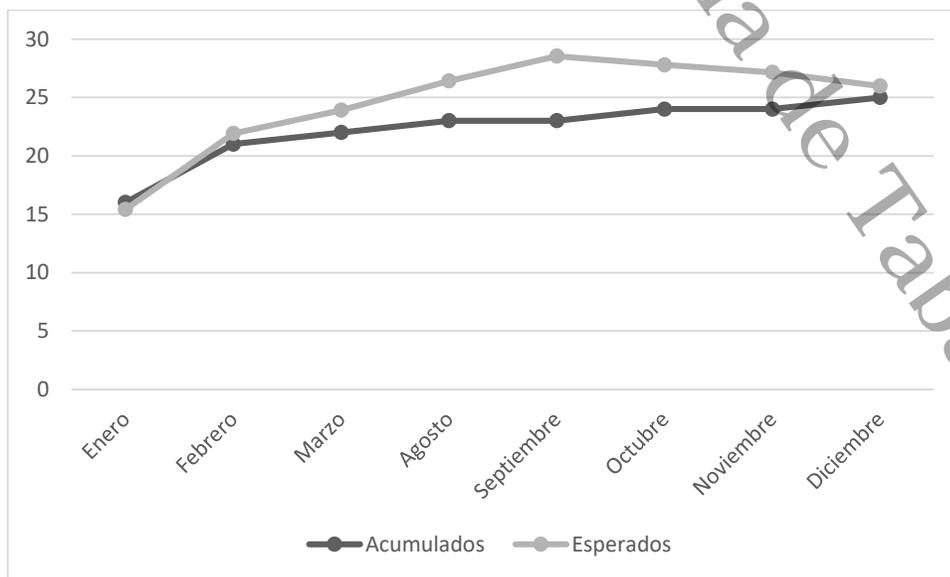
666



667

668 **Figura 3.** Avistamientos de aves acuáticas dentro de la Laguna de las Ilusiones, donde el eje
669 X muestra los sitios de monitoreo de aves y el eje Y número de avistamientos de aves
670 acuáticas observadas durante el 2020 (n= 1134).

671

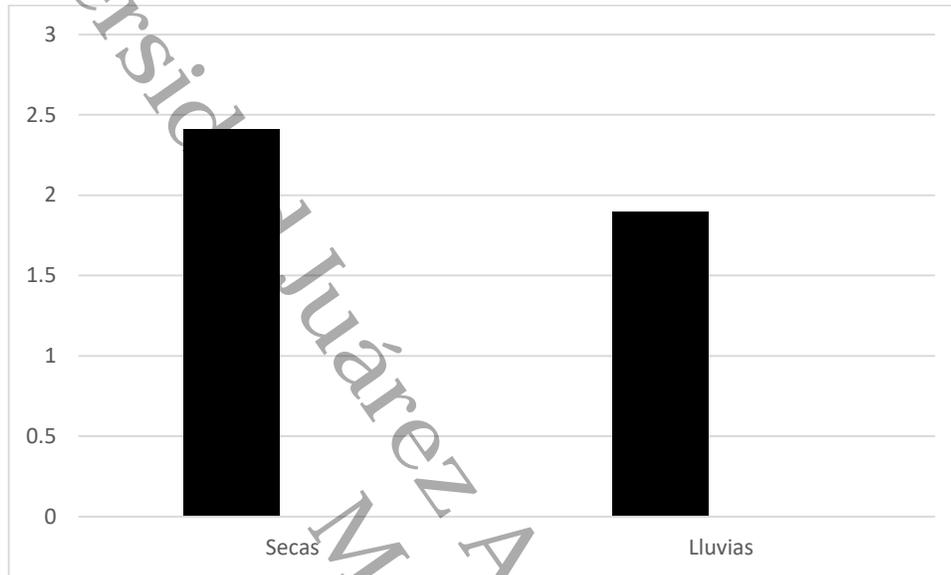


672



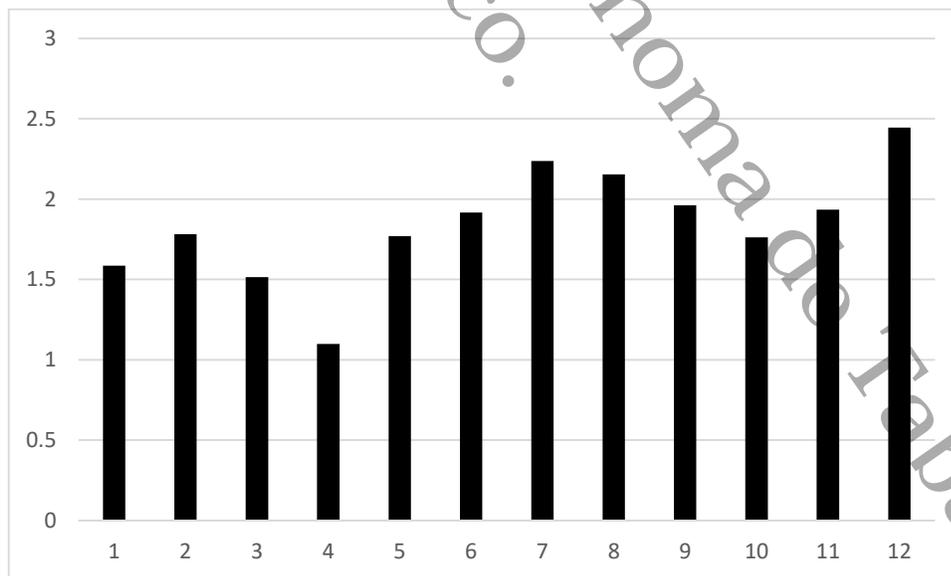
673 **Figura 4.** Curva de acumulación de especies de datos calculados y datos esperados de
674 acuerdo al estimador Chao 2 sobre las aves acuáticas de la Laguna de las Ilusiones,
675 monitoreadas durante la época de secas y lluvias del 2020.

676



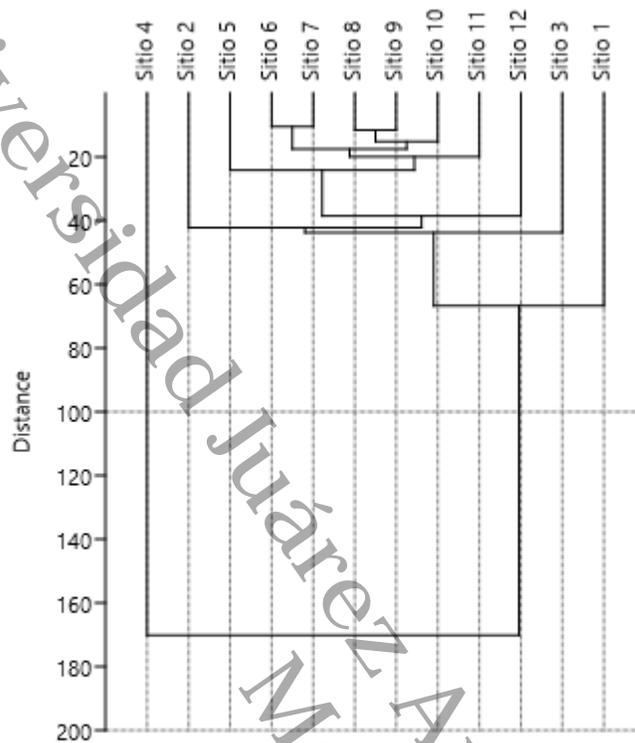
677

678 **Figura 5.** Diversidad de especies de aves acuáticas dentro de la Laguna de las Ilusiones
679 durante la temporada de secas y la de lluvias del año 2020.



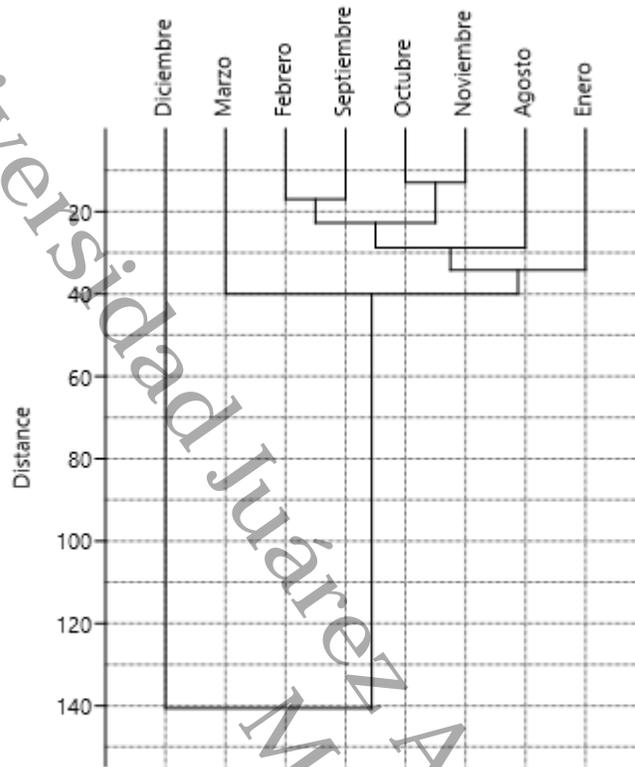
680

681 **Figura 6.** Diversidad de especies de aves acuáticas dentro de la Laguna de las Ilusiones en
682 los 12 sitios monitoreados durante el año 2020.



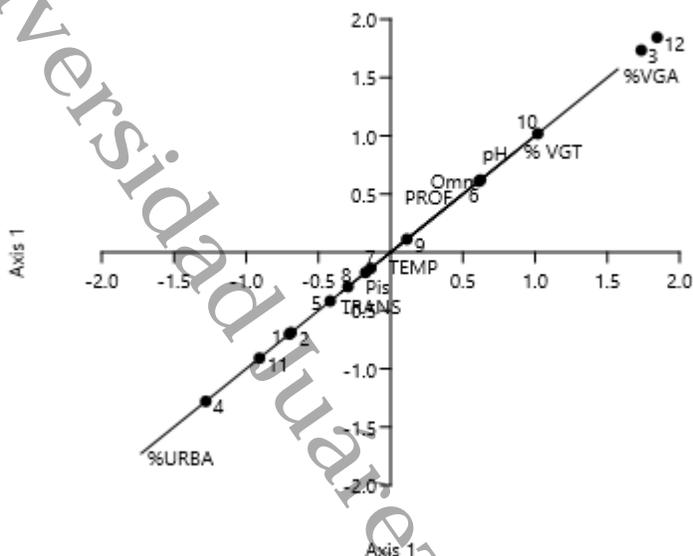
683

684 **Figura 7.** Similitud entre sitios de monitoreo de aves acuáticas de la Laguna de las Ilusiones,
685 dentro de los puntos de monitoreo, durante la época de secas y lluvias del 2020.



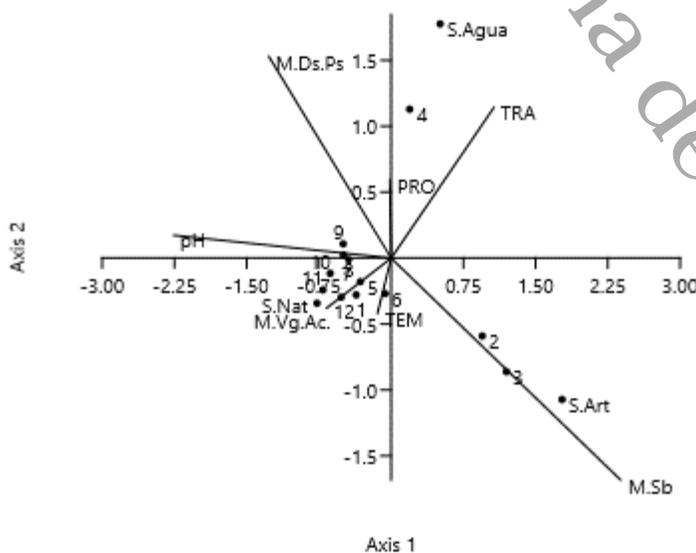
686

687 **Figura 8.** Similitud entre meses de monitoreo de aves acuáticas de la Laguna de las
688 Ilusiones, durante la época de secas y lluvias.



689

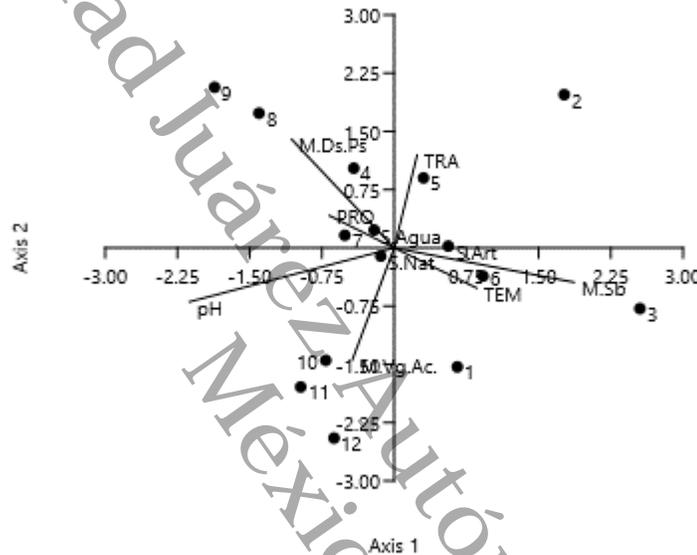
690 **Figura 9.** Gráfico de dispersión de la correlación canónica entre variables (Mayúsculas),
691 gremios de aves acuáticas (Pis= piscívoras, y Omn= omnívoras) de la Laguna de las
692 Ilusiones, y los sitios de monitoreo (números).



693



694 **Figura 10.** Gráfico de dispersión de la correlación canónica entre los tipos de macrohábitats
695 registrados en la Laguna de las Ilusiones (letras con la inicial M.), los parámetros físico-
696 químicos (letras mayúsculas) y el número de individuos de aves acuáticas en cada tipo de
697 sustrato (letras con la inicial S) registrado en cada sitio de monitoreo (números del 1 al 12).



698
699 **Figura 11.** Gráfico de dispersión de la correlación canónica entre los tipos de macrohábitats
700 registrados en la Laguna de las Ilusiones (letras con la inicial M.), los parámetros físico-
701 químicos (letras mayúsculas) y el número de especies de aves acuáticas en cada tipo de
702 sustrato (letras con la inicial S) registrado en cada sitio de monitoreo (números del 1 al 12).