


# UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

## TESIS

Aves acuáticas del embalse de la presa  
La Angostura, sección La Concordia,  
Chiapas, México

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

PRESENTA

**LUCERO NATIVIDAD DE JESÚS VELAZCO  
PÉREZ**

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

junio de 2023



# **UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS**

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

## **T E S I S**

Aves acuáticas del embalse de la  
presa La Angostura, sección La  
Concordia, Chiapas, México

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

PRESENTA

**LUCERO NATIVIDAD DE JESÚS VELAZCO  
PÉREZ**

Directora

M. EN C. LAILA YUNES JIMÉNEZ

**INVESTIGADORA INDEPENDIENTE EN MUNDO DE TALENTO, A.C.**

Asesor

Dr. ESTEBAN PINEDA DIEZ DE BONILLA

**INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS, UNICACH**



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

junio de 2023



**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS**  
**SECRETARÍA GENERAL**  
**DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES**  
**DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR**  
**AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN**

Lugar: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas;  
Fecha: 16 de junio de 2023

C. Lucero Natividad de Jesús Velazco Pérez

Pasante del Programa Educativo de: Licenciatura en Biología

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

Aves acuáticas del embalse de la presa La Angostura, sección La Concordia, Chiapas, México

En la modalidad de: Tesis Profesional

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

**Revisores**

Dr. Ernesto Velázquez Velázquez

Dr. César Tejeda Cruz

Dr. Esteban Pineda Diez de Bonilla

**Firmas:**

[Firma]  
[Firma]  
[Firma]

Ccp. Expediente

## Dedicatoria

*Dedico esta tesis a Dios por darme la vida y seguirme permitiendo vivir.*

*A los pilares de mi esfuerzo y apoyo incondicional formado por mis padres Sr. Juan Carlos Velazco y Sra. Concepción Pérez, por todos los buenos y malos momentos que han pasado y que supieron afrontar juntos. A mi hermana, Ivette Selene por apoyarme en los momentos más difíciles, por los consejos, la responsabilidad y deseos de superación, salir adelante y terminar nuestras carreras. A mi esposo Ervin, por su amor y su apoyo durante todo este tiempo. A mi prima Emma Pérez por su apoyo y sus consejos; mis tíos y primos, por el apoyo y cariño que me han brindado.*

*A los abuelitos que no disfrute. A los que se nos adelantaron en el camino, tía “chinda” LUCINDA RUIZ VAZQUEZ, tío ELDER LOPEZ RUIZ, a mi abuelito JULIAN PEREZ MORALES por cuidarnos y querernos mucho, don ADELIN ALTUZAR ORANTES por su hermoso cariño que me brindo y hacerme sentir parte de su familia, y tío “Toñito” ANTONIO VELAZCO RUIZ, que me preguntaba ¿y la tesis? Y ahora le respondo: aquí está, tarde, pero seguro, como me hubiera gustado que recibiera en sus manos esta tesis, y que me tomara fotos en el embalse de aquel hermoso pueblo que queremos. Gracias por cuidarnos y enviarnos sus bendiciones, los extrañamos.*

## Agradecimientos

*Agradezco a Dios por tener la dicha de poder concluir esta tesis.*

*A la Mtra. Laila Yunez Jimenez, por aceptar encaminar esta tesis, por su paciencia, por compartir de sus conocimientos, su apoyo, su esmerado esfuerzo y su amistad, gracias maestra.*

*Al Doc. Esteban Pineda Diez de Bonilla por asesorar y disponer a colaborar este presente trabajo y sus valiosos comentarios.*

*Al Mtro. Manuel De Jesús Anzueto Calvo por su apoyo y disponer de su tiempo y conocimiento.*

*Al Biólogo Luis Armando Ruiz Cruz por su acompañamiento en campo y el apoyo de las fotografías de estas hermosas aves.*

*A mi prima Guadalupe Velazco Muria por las donaciones de sus fotografías.*

*A mi abuelita Natividad Aguilar Ruiz por acompañarme a realizar mis muestreos y no dejarme ir sola.*

*A mis familiares Velazco Ruiz, Pérez Aguilar y Altuzar Aguilar por el apoyo y motivación para seguir adelante.*

*A la generación 2014-2018 de la licenciatura en Biología, en los buenos y malos momentos, las experiencias compartidas. En particular a Batrez, Nahara, Andrea, Citlaly, Elí y Vera; el perfecto equipo de Carlos o al equipo "Ñoño" Angélica, Emmanuel y Carlos; especialmente a Brenda Karina Pozo Gómez por su enorme apoyo y estar conmigo en todo momento. Gracias por su valiosa amistad que hasta la fecha seguimos compartiendo, su apoyo, por compartir sus conocimientos y gran esfuerzo para salir adelante en la carrera.*

*A todos ustedes, gracias.*

# ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
2.1 Diversidad biológica o biodiversidad .....	4
2.2 Diversidad alfa.....	5
2.2.1 Riqueza específica .....	7
2.2.2 Abundancia relativa.....	7
2.3 Las aves .....	8
2.4 Aves acuáticas .....	9
2.5 Embalses .....	10
2.6 Precipitación.....	12
2.7 Cambio climático.....	13
2.8 Temporada de lluvia.....	13
2.9 Temporada de estiaje .....	14
III. ANTECEDENTES.....	14
IV. OBJETIVOS .....	20
OBJETIVO GENERAL.....	20
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	21
V. ZONA DE ESTUDIO .....	21
5.1 Historia de la cabecera municipal de La Concordia.....	21
5.2 Ubicación .....	23
5.3 Hidrología.....	25
5.4 Clima .....	26
5.5 Relieve .....	27
5.6 Edafología.....	28
5.7 Vegetación .....	29
5.8 Fauna.....	31
VI. MÉTODO.....	32

<b>A) ANÁLISIS DE DATOS</b> .....	34
<b>Riqueza y abundancia por trayecto</b> .....	34
<b>Época del año</b> .....	35
<b>Diversidad alfa (<math>\alpha</math>)</b> .....	35
<b>Confiabilidad del muestreo</b> .....	36
<b>Estado de conservación</b> .....	37
<b>Categorías de residencia</b> .....	39
<b>Índice de valor de importancia relativa</b> .....	40
<b>VII. RESULTADOS</b> .....	40
<b>Composición de las aves acuáticas</b> .....	40
<b>Variación espacio-temporal de la avifauna acuática</b> .....	41
<b>Riqueza y abundancia por trayecto</b> .....	43
<b>Listado sistemático (composición)</b> .....	45
<b>Estacionalidad</b> .....	52
<b>Estado de conservación</b> .....	55
<b>Índice de valor de importancia relativa</b> .....	56
<b>VIII. DISCUSIÓN</b> .....	57
<b>Diversidad de aves acuáticas del embalse de la presa La Angostura</b> .....	57
<b>Riqueza y abundancia de especies en temporada de lluvia y estiaje</b> .....	59
<b>Estacionalidad de aves acuáticas del embalse de la presa La Angostura</b> .....	59
<b>Composición de aves acuáticas del embalse de la presa La Angostura</b> .....	60
<b>Estado de conservación de aves acuáticas del embalse de la presa La Angostura</b> ..	61
<b>IX. CONCLUSIONES</b> .....	63
<b>X. RECOMENDACIONES</b> .....	64
<b>XI. REFERENCIAS DOCUMENTALES</b> .....	65
<b>ANEXO 1</b> .....	78

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Composición de Aves acuáticas del embalse de la presa La Angostura, La Concordia, Chiapas, México.....	41
<b>Cuadro 2.</b> Especies de aves acuáticas en el embalse de la presa La Angostura.....	48
<b>Cuadro 2.</b> Continúa .....	49
<b>Cuadro 2.</b> Continúa .....	50
<b>Cuadro 2.</b> Continúa. ....	51
<b>Cuadro 3.</b> Abundancia de las aves acuáticas residentes que incrementaron durante el invierno en el embalse de la presa La Angostura, La Concordia, Chiapas. ....	53
<b>Cuadro 4.</b> Frecuencia de ocurrencia de las aves acuáticas residentes en el embalse de la presa La Angostura, La Concordia, Chiapas. ....	54



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Clasificación de los métodos para medir la diversidad alfa (clasificación según Moreno, 2001).....	7
<b>Figura 2.</b> Vista aérea de La Concordia antes de la inundación. Fuente: Mágico Chiapas, 2009.....	22
<b>Figura 3.</b> Traslado de la imagen del señor de la Misericordia antes de la inundación. Fuente: Mágico Chiapas, 2009.....	23
<b>Figura 4.</b> Ubicación de la zona de estudio. Fuente. INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2008, versión 3.1. INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250 000 serie II y serie III. ....	24
<b>Figura 5.</b> Localización de ríos y presas del municipio de La Concordia, Chiapas. Fuente. INEGI, 1999. ....	25
<b>Figura 6.</b> Tipos de climas del municipio de La Concordia, Chiapas. Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2008, versión 3.1. INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de las Cartas de Climas, Precipitación Total Anual y Temperatura Media Anual: 1 000 000, serie I. INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250 000 serie II. ....	26
<b>Figura 7.</b> Tipos de relieves del municipio de La Concordia, Chiapas. Fuente. INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2008, versión 3.1. INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250 000 serie II y serie III. INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Fisiográfica, 1:1 000 000, serie I. INEGI-CONAGUA. 2007. Mapa de la Red Hidrográfica Digital de México escala 1:250 000. México. ....	27
<b>Figura 8.</b> Tipos de suelos del municipio de La Concordia, Chiapas. Fuente. INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2008, versión 3.1. INEGI. Conjunto de Datos Vectorial Edafológico, Escala 1:250 000 serie II (Continuo Nacional). INEGI. Información Topográfico.....	28
<b>Figura 9.</b> Tipo de uso y vegetación del municipio de La Concordia, Chiapas. Fuente. INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2008, versión 3.1. INEGI. Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación Serie III Escala 1:250 000. INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250 000 serie II .....	31
<b>Figura 10.</b> Hoja de registro de aves en base a y modificada a Wundeler (1994) .....	33
<b>Figura 11.</b> Número de individuos por familia de aves acuáticas del embalse la presa La Angostura, La Concordia, Chiapas, México. ....	41
<b>Figura 12.</b> Variación temporal de la riqueza media de aves acuáticas (lluvia y estiaje), $\pm$ desviación estándar. ....	42
<b>Figura 13.</b> Comparación de la abundancia media de las especies por época del año (lluvia y estiaje) $\pm$ desviación estándar.....	43
<b>Figura 14.</b> Variación de la abundancia con respecto al horario. ....	43

<b>Figura 15.</b> Comparación de la riqueza media de especies en cada trayecto, $\pm$ desviación estándar. ....	44
<b>Figura 16.</b> Comparación de la abundancia media de especies en cada trayecto, $\pm$ desviación estándar. ....	44
<b>Figura 17.</b> Estacionalidad de aves acuáticas del embalse la presa La Angostura, La Concordia, Chiapas, México.....	52
<b>Figura 18.</b> Porcentaje de la estacionalidad de aves acuáticas del embalse la presa La Angostura, La Concordia, Chiapas, México. ....	53
<b>Figura 19.</b> Especies de aves acuáticas observadas en el área de estudio con alguna categoría de protección según la UICN.....	55
<b>Figura 20.</b> Especies de aves acuáticas observadas en el área de estudio con alguna categoría de protección según la NOM-059-2010.....	55
<b>Figura 21.</b> Índice de valor de importancia relativa (IVIr) de aves acuáticas del embalse la presa La Angostura, La Concordia, Chiapas, México. ....	56

## RESUMEN

Las aves dentro de los diferentes ecosistemas forman grupos de funciones ecológicas y son buenos indicadores de los cambios causados por la perturbación en sus hábitats. México presenta una gran biodiversidad de avifauna, en el cual no toda ha sido investigada. Por lo anterior, el propósito del presente trabajo es describir la diversidad de aves acuáticas en la temporada de lluvia y de estiaje del embalse de la presa La Angostura, sección La Concordia, Chiapas, en el periodo de julio de 2018 a febrero de 2019. Mediante el método de trayecto en línea. Se identificaron 38 especies de aves acuáticas. Las familias mejor representadas fueron Ardeidae (8), seguida por Charadriidae (5) y Scolopacidae (5). La temporada de lluvia obtuvo una mayor riqueza y abundancia media de las especies. El horario con mayor abundancia para ambas temporadas fue el matutino con 3,766 individuos. La especie con el mayor valor de índice de valor de importancia relativa fue *Ardea alba*. Se encontró una especie en la lista roja de UICN, así como cuatro especies en la categoría de NOM-059. Dado que en el embalse de la presa La Angostura, se concentran importantes poblaciones de aves acuáticas residentes y migratorias, es importante dar a conocer la importancia que tiene este hábitat para su conservación.

Palabras claves: Avifauna, distribución, estiaje, lluvia, uso de hábitat.

# I. INTRODUCCIÓN

Las aves han estado en relación con el ser humano de muy variadas formas. En la historia de los pueblos siempre han estado presentes como símbolos mágicos o religiosos, formando parte de la cultura, mitología y ritología. Las aves se encuentran entre los pocos animales silvestres que comparten la forma de vida cotidiana con las personas, como en las mañanas con sus cantos, como alimentación, remedios o mascotas (Navarro, 1994 citado por Navarro-Sigüenza *et al.*, 2014).

Entre las principales características de las aves y por lo que resultan tan atractivas, están los coloridos plumajes, los llamativos cantos, la capacidad de volar, al igual que se encuentran en prácticamente todos los tipos de hábitats de la Tierra (Berlanga, 2012).

Debido a la importancia de las aves en la estructura de los ecosistemas, la diversidad de formas, su interesante conducta, su migración y, sobre todo, la facilidad con que son observadas, son un grupo clave en el desarrollo de las ciencias biológicas y sociales (Cuesta, 2017). Por otro lado, la presencia de aves está estrechamente relacionada con sus hábitats, pues muchas especies son sensibles a cambios en ellos, por lo cual se les considera buenos indicadores de perturbación (Arizmendi, 2001; Şekercioğlu, Daily y Ehrlich, 2004).

Las aves cumplen funciones ecológicas importantes dentro de los ecosistemas; son controladores biológicos, dispersores de semillas, polinizadores, rapaces, carroñeras, y parte del equilibrio ecológico a causa de la gran diversidad de interacciones entre especies en los diferentes niveles de la pirámide trófica (González *et al.*, 1999; Pérez *et al.*, 2016).

Las aves acuáticas son aquellas que dependen de los humedales, total o parcialmente, esto es, durante toda su vida o en alguna etapa. Este grupo contiene algunas de las especies de gran tamaño y en ellas aparecen una serie de fenómenos ecológicos muy interesantes, entre los que destacan las migraciones y la vida en colonias; por otra parte, las especies acuáticas constituyen un grupo altamente dinámico dentro de las aves, ya que la variabilidad interna de los humedales se

refleja también en ellas, pues los hábitos se encuentran en un constante estado de cambio y se adaptan a las actividades actuales del ser humano. Las aves acuáticas constituyen uno de los componentes más carismáticos de la fauna que habita los humedales; no obstante, y con una flexibilidad mayor que la de los peces, las aves pueden hacer uso de estos ambientes durante sólo una parte del año (para la alimentación o para la migración) y para cubrir una determinada etapa de su ciclo anual, como la nidificación y cría, o la muda del plumaje (Mugica *et al.*, 2006).

Las aves acuáticas reflejan diversas adaptaciones, anatómicas, morfológicas y fisiológicas en medida a los microhábitats que utilizan (Van der Valk, 2012). Las características que destacan son las relacionadas con la habilidad de las aves para la obtención de comida, como: picos modificados, narinas reducidas o con válvulas y ojos de visión subacuática con membranas nictitantes, patas largas y con membranas interdigitales, plumaje compacto y resistente al agua y una glándula uropigial para impermeabilizar el plumaje (Weller, 2004; Hickman *et al.*, 2006), así como también la glándula de la sal, estrategia adaptativa la cual produce soluciones de excreción más concentradas que el agua de mar (Sabat, 2000). Dentro de los principales grupos de aves acuáticas de México se incluyen los órdenes: Podicipediformes, Pelecaniformes, Cicconiformes, Anseriformes, Gruiformes y Charadriiformes (Keddy, 2000).

Por otro lado, México presenta una gran biodiversidad de fauna, figurando entre los doce países del mundo considerandos como *mega diversos*, con un registro de 5 512 especies de vertebrados (Flores y Geréz, 1994; SEMARNAT, s. d.), de los cuales 2 763 son peces (Espinosa-Pérez, 2013), 1 100 aves (Germain y Ruiz, 2016), 376 anfibios (Parra-Olea, Flores-Villela y Mendoza-Almeralla, 2012), 705 reptiles (Flores-Villela y Canseco-Márquez, 2004) y 475 mamíferos (Ramírez-Pulido, Arroyo-Cabrales y Castro-Campillo, 2005). En cuanto a la riqueza de aves, México ocupa el décimo lugar en número de especies a nivel mundial (Ortega-Álvarez, Sánchez-González y Berlanga, 2015).

Con respecto a la avifauna chiapaneca, se considera una de las más ricas de la República Mexicana, ya que está conformada por elementos neotropicales,

neárticos y mesoamericanos (Álvarez del Toro, 1980; Escalante *et al.*, 1998), con un registro de 715 especies (68.75 % del total nacional), que se distribuyen en 21 órdenes, 80 familias y 397 géneros (Morales-Pérez, 2000). Chiapas se encuentra en el tercer lugar de la avifauna del país, el segundo lo tiene Veracruz y el primero, Oaxaca (Navarro-Sigüenza, Ortiz-Pulido y Peterson, 2008). La avifauna chiapaneca ocupa un lugar privilegiado en el contexto de la diversidad de México y Centroamérica, ya que está enclavada en una región geográficamente compleja, con alta diversidad de climas, tipos de vegetación y geología. Asimismo, es la región de Mesoamérica con mayor riqueza biológica en diferentes grupos taxonómicos de flora, fauna y hongos (Arizmendi y Martínez, 2012).

En Chiapas se distinguen siete regiones fisiográficas (Breedlove, 1981). El Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, 2008) menciona que el municipio de La Concordia, área de estudio del presente proyecto, se encuentra sobre dos regiones fisiográficas; Sierra Madre de Chiapas y Depresión Central de Chiapas. El agua, que es indispensable para el desarrollo de millones de personas, surge de la Sierra Madre debido a la geografía de la región, a causa de que se forman una gran cantidad de cuencas y subcuencas, tal como lo indica la Asociación Mexicana Pro Conservación de la Naturaleza (PRONATURA, 2011). Según la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2008), en la Depresión Central de Chiapas se encuentra un sistema de producción de energía hidroeléctrica, ya que en la Cuenca Media del Río Grijalva se localizan las presas Dr. Belisario Domínguez (La Angostura) e Ing. Manuel Moreno Torres (Chicoasén).

En el embalse de La Concordia de la presa La Angostura, existe una variación entre la temporada de lluvias y estiaje, que puede aumentar su profundidad (subiendo el nivel del agua o, lo contrario), modificando la extensión de la superficie y alterando la ocupación del área de vegetación circundante. En consecuencia, en algunas zonas aledañas, la pérdida del hábitat y la creación de cuerpos de agua artificial, entre los que destacan numerosos embalses han favorecido la estancia de aves acuáticas migratorias y residentes. La importancia de estos reservorios

depende en gran medida de la variedad y disponibilidad de los recursos (Castillo-Guerrero y Carmona, 2001).

La diferencia en la riqueza de especies migratorias y residentes en las distintas épocas puede deberse a la composición del hábitat, la cual es distinta en cada época; la precipitación pluvial es un factor ambiental que influye en la distribución de los individuos según la época del año, lluviosa o seca (Rangel, 1990; Karr, 1990).

A pesar de la importancia de las aves, los estudios tienden a estar restringidos tanto temporal como geográficamente y son escasos los trabajos que presentan información sobre densidad o abundancia de alguna especie en Chiapas (Villaseñor y Santana 2003). Debido a que existen relativamente pocos estudios ornitológicos en Chiapas, es necesario realizar más investigaciones para el estado y contribuir al conocimiento de las aves y en este caso específico, de las aves acuáticas, que han sido poco documentadas. Es por ello la realización de esta investigación, para obtener información sobre la riqueza de especies de aves acuáticas y generar información acerca del cambio en las temporadas de estiaje y lluvias, puesto que en el Embalse de la cabecera municipal La Concordia no hay trabajos ornitológicos. Asimismo, esta investigación generará resultados del estado de conservación de las aves donde se podrán proponer medidas de conservación a causa del impacto de las actividades humanas y reconocer que este sitio es de mayor importancia para las aves migratorias.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Diversidad biológica o biodiversidad**

La diversidad biológica se define como la variabilidad entre los organismos vivientes de todas las fuentes, incluyendo, entre otros, los organismos terrestres, marinos y de otros ecosistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos de los que forman parte; esto abarca diversidad dentro de las especies, entre especies y de ecosistemas (Diéguez-Uribeondo y García-Valdecasas, 2011).

La diversidad biológica se compone en esencia de tres niveles; el primero es la diversidad o variedad genética entre una misma especie (variedad intraespecífica), que es la cantidad total de información y variación genética que existe dentro de cada especie; el segundo nivel es la diversidad o variedad de especies dentro de los ecosistemas, que es la variedad existente entre los organismos vivos de un sistema ecológico o ecosistema, de igual modo se le denomina riqueza de especies en un ecosistema. Y el tercero es la diversidad o variedad de ecosistemas y/o biomas en la biosfera (parte de la corteza terrestre en la cual es posible la vida), que es entendida como la diversidad de comunidades bióticas (vivas) y los procesos ecológicos que ocurren en determinadas áreas; lo anterior incluye a las especies que las componen, los procesos ecológicos que desempeñan y los cambios en la composición de especies de una región a otra, también se le conoce como diversidad ecológica. Los biomas son las grandes unidades ecológicas, que pueden desarrollarse en diferentes áreas de la región, por ejemplo: los bosques de niebla, las estepas, etcétera (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2005).

Los estudios sobre medición de la biodiversidad se han centrado en la búsqueda de parámetros para caracterizarla como una propiedad emergente de las comunidades ecológicas. Sin embargo, las comunidades no están aisladas en un entorno neutro. En cada unidad geográfica, en cada paisaje, se encuentra un número variable de comunidades. Por ello, para comprender los cambios de la biodiversidad con relación a la estructura del paisaje, existe una separación en los componentes alfa, beta y gamma (Whittaker, 1972).

La diversidad alfa es la diversidad de especies a nivel local; la diversidad beta es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje y, la diversidad gamma es la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultante tanto de la diversidad alfa como de la beta (Sonco, 2013).

## **2.2 Diversidad alfa**

La diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad particular que se considera homogénea. Para diferenciar los distintos métodos en función de las



variables biológicas que miden, se dividen en dos grandes grupos: 1) métodos basados en la cuantificación del número de especies presentes (riqueza específica) y, 2) métodos basados en la estructura de la comunidad, es decir, la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie (abundancia relativa de los individuos, biomasa, cobertura, productividad, etc.) (Moreno, 2001).

Para considerar la diversidad alfa y la riqueza específica, la selección de alguna(s) de las medidas de biodiversidad se basa en que se cumplan los criterios básicos para el análisis matemático de los datos, por tanto, el empleo de un parámetro depende básicamente de la información que se quiere evaluar (Huston, 1994).

Si se entiende a la diversidad alfa como el resultado del proceso evolutivo que se manifiesta en la existencia de diferentes especies dentro de un hábitat particular, entonces un simple conteo del número de especies de un sitio (índices de riqueza específica) sería suficiente para describir la diversidad alfa (Figura 1), sin necesidad de una evaluación del valor de importancia de cada especie dentro de la comunidad. Esta enumeración de especies parece una base simple pero sólida para apoyar el concepto teórico de diversidad alfa (Moreno, 2001).

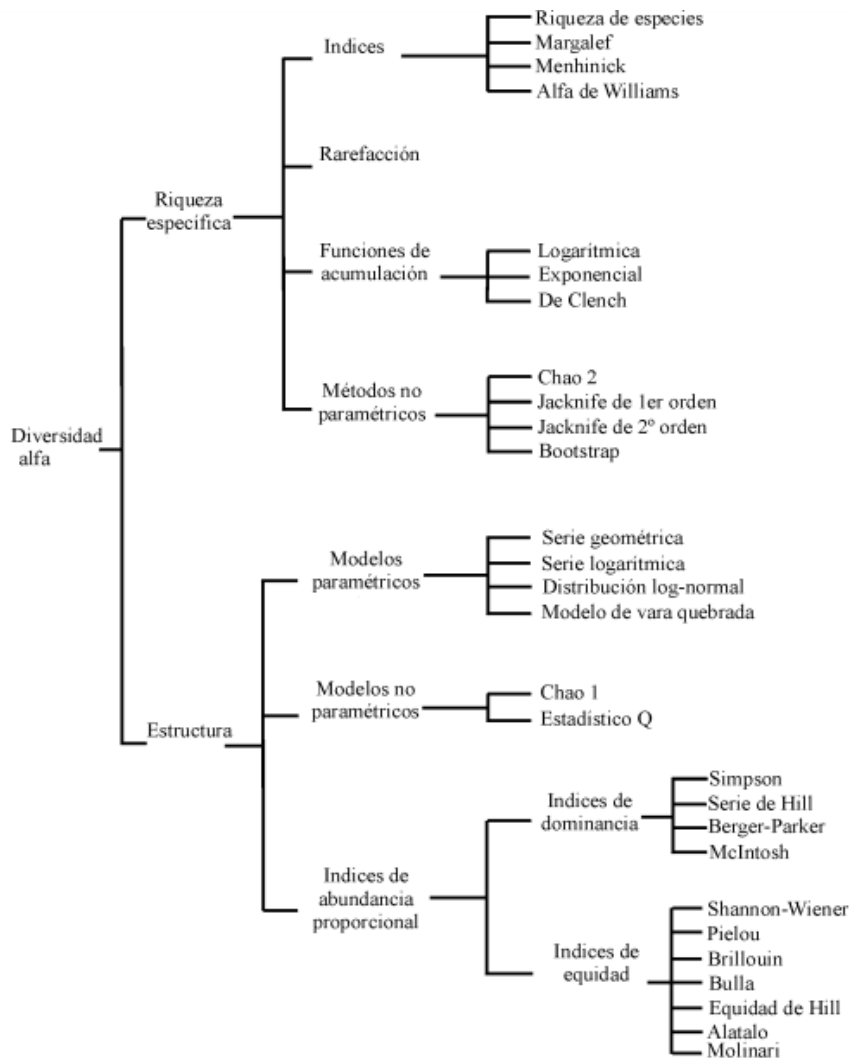


Figura 1. Clasificación de los métodos para medir la diversidad alfa (clasificación según Moreno, 2001).

### 2.2.1 Riqueza específica

La riqueza específica es la forma más sencilla de medir la biodiversidad alfa, ya que es el número total de especies en un área, independientemente de su abundancia o importancia en el ecosistema. La forma ideal de medir la riqueza específica es contar con un inventario completo que permita conocer el número total de especies (S) obtenido por un censo de la comunidad (Moreno, 2001).

### 2.2.2 Abundancia relativa

La abundancia relativa es el porcentaje de cada especie que contribuye al número total de individuos de un lugar determinado (Jiménez, 1999). Medir la abundancia

relativa de cada especie permite identificar aquellas especies que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales. Además, identificar un cambio en la diversidad, ya sea en el número de especies, en la distribución de la abundancia de las especies o en la dominancia, alerta acerca de procesos empobrecedores de un lugar (Magurran, 1988).

### **2.3 Las aves**

Las aves representan un grupo de vertebrados terrestres ampliamente diversificado, se distribuyen en todo el planeta con excepción de los desiertos extremos y la Antártida, debido a su diversificación evolutiva y geográfica es un grupo rico en especies; en el mundo existen alrededor de 10 507 especies de aves. Entre 1 123 y 1 150 aves, cerca del 11% del total mundial, habitan en México, el cual se coloca en el onceavo lugar de acuerdo a su riqueza avifaunística y en el cuarto lugar en proporción de endemismos entre los países mega diversos del mundo (Kaufman, 2005; Navarro-Sigüenza *et al.*, 2014).

Las aves se distinguen por sus cuerpos recubiertos con plumas, carácter único de este grupo, que les brinda protección y disminuyen la pérdida de agua y de calor a través de la superficie corporal. Las extremidades anteriores de las aves están modificadas en alas para volar; las extremidades posteriores presentan adaptaciones para caminar, apresar, nadar o posarse sobre ramas o rocas. No todas las aves pueden volar, algunas, como los pingüinos, tienen alas pequeñas que utilizan para nadar, otras como el avestruz, tiene alas que mantienen la estabilidad cuando corre, además de que cuenta con patas desarrolladas para correr (Acevedo *et al.*, 1998).

Uno de los caracteres notables de las aves lo constituye sin duda la voz y los huesos neumáticos. La voz en muchos casos es de un volumen comparativamente enorme. Esto se debe a que cuentan con una especie de segunda laringe, la siringe (órgano del canto), ubicada en el punto de bifurcación de la tráquea y que es mucho más complicada que la verdadera laringe. La forma y movimiento de la siringe, ayudada por los sacos aéreos, permite notables modificaciones en el tono y así existen especies que vocalizan por medio de cantos o trinos verdaderamente notables (Álvarez del Toro, 1980). Por otro lado, los huesos neumáticos son huecos y

porosos, lo que les permite al ser en su mayor parte aire, que sean muy ligeros y favorezcan la tarea de volar. Sin embargo, para evitar que se fracturen durante los esfuerzos que hacen las aves durante el vuelo, necesitan ser reforzados de alguna manera; para solucionar este problema existen una serie de trabéculas, que son proyecciones diagonales de tejido óseo en el interior de los huesos, especialmente los más largos como el húmero, que funcionan de manera similar a los tirantes de un puente, de modo que hacen la estructura más resistente (Navarro y Benítez, 2001).

#### **2.4 Aves acuáticas**

Las aves acuáticas se diferencian del resto por presentar un grupo de adaptaciones particulares, morfológicas, fisiológicas y conductuales, relacionadas con el plumaje, adaptaciones circulatorias y respiratorias, o modificaciones del patrón corporal o de las alas y patas que tienen estructuras accesorias entre sus dedos como auxiliares en su desplazamiento; a esto se le conoce como membrana interdigital (Mugica *et al.*, 2006; Navarro y Benítez, 2002).

Las aves acuáticas dependen de hábitats acuáticos para alimentarse, reproducirse y anidar, como el océano, los lagos y los humedales (incluyen estuarios, pantanos, manglares, ríos y terrenos inundables); por lo general, las aves acuáticas obtienen su alimento directamente del agua o de las rocas, arena o lodo colindante, para lo que vadean, nadan o bucean; desde la superficie o del aire, sondean la arena o el lodo con sus finos picos o pescan presas más grandes con sus picos fuertes, a veces aserrados y puntiagudos (Germain y Ruiz, 2016). Los picos pueden ser largos, cortos, medianos, delgados o robustos, puntiagudos, ganchudos, achatados, rectos, curvados hacia abajo o hacia arriba, y pueden servir para ensartar, hurgar, filtrar, desgarrar, atenuar, escarbar, sujetar, o pescar, entre otras funciones (Mugica *et al.*, 2006).

El grupo de las aves acuáticas es reconocido en el ámbito de la conservación, por considerarse como especies indicadoras, ya que proporcionan indicios tangibles, de fácil y rápido acceso para detectar efectos nocivos a su medio, debido a la susceptibilidad que presentan a las modificaciones de su entorno (Amparan, 2000).

Actualmente es difícil determinar cuántas especies de aves se encuentran en algún estado de riesgo en México, esto es debido a la falta de especialistas, trabajo de campo limitado, falta de presupuesto, voluntad política, análisis profundos y concordancia taxonómica (Ortiz-Pulido, 2018). Algunas de las especies de aves acuáticas que se encuentra en Categoría de riesgo en México (Peligro de extinción (P), Amenazada (A), Sujeta a protección especial (Pr) y Probablemente extintas en el medio silvestre (E)) de acuerdo a la Norma-059-SEMARNAT-2010 son Pato real (*Cairina moschata*), Chorlo Chiflador (*Charadrius melodus*) y Cigüeña jabirú (*Jabiru mycteria*) que se encuentran en la categoría de Peligro de extinción (P); las siguientes especies se encuentra en la categoría Amenazada (A) Pato tejano (*Anas fulvigula*), Pato enmascarado (*Nomonyx dominicus*), Flamenco americano (*Phoenicopterus ruber*) y Chorlo llanero (*Charadrius montanus*); y las que se encuentran en la categoría Sujeta a Protección Especial (Pr) son Zambullidor menor (*Tachybaptus dominicus*), Gaviota plumiza (*Larus heermanni*), Charrán mínimo (*Sternula antillarum*), Cigüeña americana (*Mycteria americana*), Bobo de patas azules (*Sula nebouxi*) y Garza tigre mexicana (*Tigrisoma mexicanum*).

Es necesario entender la relación que existe entre la presencia de aves acuáticas y los procesos ecológicos como la migración, reproducción y alimentación, que tienen lugar en los humedales, para poder interpretar correctamente la evolución del tamaño poblacional y la composición de especies observadas y por tanto, tomar decisiones con vías a la conservación (Alcalde *et al.*, 2009).

## **2.5 Embalses**

Los embalses se consideran dentro de la categoría de masas de agua muy modificadas cuando, bien por su tamaño, por la longitud fluvial afectada o por el fuerte efecto regulador que favorecen, condicionan una modificación en el río que puede considerarse estable y duradera, llegando en ocasiones a una nueva situación de equilibrio que se estima de reversibilidad compleja y socialmente indeseada, como lo menciona la Sociedad Anónima Industrias Celulosa Aragonesa (SAICA-Ebro, 2008).

Las presas y embalses son infraestructuras que provocan un cambio sistemático en el uso del suelo a gran escala y en la cobertura de la tierra debido a los múltiples propósitos a los que sirven, además pueden ser efectivamente utilizados para regular los niveles de los ríos y las inundaciones abajo de la presa temporalmente, almacenando el volumen de la inundación y liberándola más tarde (Gómez, 2012).

Las presas y embalses a nivel internacional se definen como humedales por la clasificación de Cowardin *et al.* (1979), que es el sistema de los Estados Unidos que definen como terrenos de transición entre sistemas acuáticos y terrestres donde usualmente el nivel freático está en o cerca de la superficie, o el terreno está cubierto por aguas someras. Los humedales deben tener uno o más de los siguientes atributos: a) al menos periódicamente el terreno alberga predominantemente hidrófilas; b) el sustrato dominante corresponde a suelos hídricos y c) el sustrato está saturado con agua o cubierto por aguas someras en algún momento de la estación de crecimiento de cada año (Berlanga *et al.* 2008).

El atractivo de los embalses para la recreación es a menudo un beneficio significativo, además de los fines anteriormente mencionados de la presa. Esto es muy importante en las zonas donde el agua superficial natural es escasa o inexistente. Algunos de los beneficios recreacionales son canotaje, natación, pesca, observación de aves y paseos por la naturaleza. Estos beneficios deben de considerarse en la etapa de planificación y junto con otros objetivos para lograr un proyecto equilibrado. La operación de la presa y embalse puede mejorar las oportunidades recreativas y económicas (Resendiz, 2011).

En México la mayoría de los embalses están influenciados por la marcada estacionalidad climática entre la estación seca y de lluvia, en donde la sobreposición de actividades tiene diferente peso en las condiciones ambientales y los cambios en las columnas de agua. Todos los lagos, naturales o artificiales, se someten a diversas transformaciones a través del tiempo debido a los procesos naturales del envejecimiento causado por cambios hidrológicos y climáticos en los ecosistemas. Sin embargo, los lagos y embalses tienen características especiales como las

poblaciones alrededor de estos y de metales pesados que los hacen vulnerables a la contaminación y a la degradación (Resendiz, 2011).

En Chiapas se encuentran cuatro presas sobre el Río Grijalva; la primera es Malpaso, realizada entre 1958 y 1966 y puesta en marcha en 1969, con una capacidad de 1 020 megavatios; la segunda es La Angostura (Belisario Domínguez) construida en 1969 y entró en operación en julio de 1976, con una capacidad para generar 900 megavatios; la tercera hidroeléctrica es Chicoasén (oficialmente llamada Ingeniero Manuel Moreno Torres), que inició funciones en mayo de 1981 y tiene una capacidad de 2 400 megavatios; y la presa más reciente es Peñitas (o Ángel Albino Corzo), que entró en operaciones en septiembre de 1987, con una capacidad de 420 megavatios (Rodríguez, 2012).

## **2.6 Precipitación**

La precipitación es el fenómeno meteorológico más importante directamente enlazado con el desarrollo económico mundial; el aumento de las precipitaciones podría implicar consecuencias perjudiciales para la calidad del agua, ya que las precipitaciones arrastran nitrógeno y fósforo procedentes de actividades humanas. Por eso, la investigación en esta temática cada vez cobra mayor importancia en los ámbitos agrícola, hidrológico, hidráulico y de recursos naturales (Ruiz-Álvarez *et al.*, 2012).

Existe una variación espacial y temporal de la precipitación de acuerdo con la circulación atmosférica y algunos factores locales. La humedad es la principal causa de la variabilidad de la precipitación (Gómez, 2012).

La precipitación es un índice de la productividad vegetal y de la abundancia de algunas especies de aves esteparias reproductoras, que permiten suponer un papel limitante de los recursos ligados a la vegetación, cuya considerable disminución en años secos forzaría reducciones en los tamaños de población de determinadas especies; no obstante, las variaciones en la lluvia y la productividad vegetal no parecen afectar a muchas especies de aves, pero cuestiona a la vegetación que tales recursos sean de carácter trófico (Juana y García, 2005).

## **2.7 Cambio climático**

Tradicionalmente, las aves son el grupo animal que ha suscitado mayor interés en los ámbitos académico y naturalista a lo largo del último siglo, esto permite disponer de gran cantidad de información que es esencial para poder llevar a cabo estudios que ayuden a entender los efectos del cambio climático sobre las aves y cómo están respondiendo a él mediante una adaptación del comportamiento; las aves, como la mayoría de los seres vivos del planeta, se ven afectadas en alguna medida por las condiciones atmosféricas y sus cambios, al ser muy sensibles a estas variaciones, las aves proporcionan con su presencia, o ausencia, información clave sobre el estado del medio ambiente, en general, y un mayor número de evidencias científicas como la temperatura media global que se ha elevado en 1,1°C y las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que a nivel mundial han continuado ascendiendo, sobre el impacto del cambio climático, en particular. Pocas dudas hay de que el cambio climático puede afectar al comportamiento, reproducción, supervivencia, migración y distribución geográfica de las aves, por ejemplo, en los cambios en el comportamiento (ciclo biológico anual) y fenología, las aves comienzan a cantar y a poner huevos más temprano, también hay variaciones en las fechas de llegada y partida (Cano y Cano, 2017).

## **2.8 Temporada de lluvia**

Existen dos grandes criterios para definir el inicio y fin de la temporada de lluvia. El primero se basa en el balance diario de humedad del suelo usando algoritmos similares para la calendarización del riego y así definir el impacto de la distribución de la lluvia en la humedad del suelo que permita generar condiciones favorables, bajo diferentes inicios del periodo de lluvia (Íñiguez-Covarrubias *et al.*, 2014). El segundo enfoque se fundamenta en el uso de indicadores climáticos relacionados principalmente con la lluvia acumulada observada en uno o más días (Arteaga-Ramírez *et al.*, 2006). La región norte del estado de Chiapas presenta lluvias todo el año, mientras que en el resto de la entidad, existen abundantes lluvias en verano y la precipitación total anual varía, dependiendo de la región, de 1 200 mm a 4 000 mm (INEGI, 2008).



## 2.9 Temporada de estiaje

Se le denomina estiaje a una temporada o periodo común donde la disponibilidad de agua (cuerpos de agua) y lluvia, está por debajo del promedio anual esperado en una región o cuenca hidrológica, lo que repercute en el desabasto del suministro de agua para consumo (Protección Civil, 2016).

## III. ANTECEDENTES

Herrero, Aja y Balbás (s. d.) analizaron la internada de aves acuáticas en el embalse del Ebro, España, durante 30 censos en el periodo 1968-2004, que consistió en un censo anual realizado de manera simultánea a mediados de enero con miembros de la SEO (Sociedad Española de Ornitología). Utilizaron parámetros descriptivos poblacionales básicos (abundancia, riqueza y diversidad). Para determinar las afinidades entre censos y especies se usaron dendrogramas de similaridad. Como resultado obtuvieron un total de 38 especies en el dendrograma de similaridad de las abundancias totales, reflejado en dos periodos principales distintos entre 1968-1986 y 1988-2004. La riqueza y la diversidad aumentaron significativamente durante todo el periodo de estudio; encontraron que el nivel del agua en enero depende de las lluvias caídas en el otoño, por lo tanto, cuanto más agua embalsada hubo en enero, más aves llegaron a internar en ese lugar.

Echevarría y Chani (2000) realizaron un trabajo sobre la estructura de la comunidad de aves acuáticas del embalse El Cadillal, Tucumán, Argentina, analizada desde octubre de 1993 hasta agosto de 1995. Utilizaron transectos de faja de ancho y largo prefijado. Para analizar la estructura de la comunidad agruparon las aves según sus patrones de explotación de recursos tróficos, que tomaron en cuenta como tácticas y donde buscan el alimento (microhábitats). Obtuvieron un registro de 145 especies en un total de 581 censos. De las 145 especies identificadas en el embalse sólo nueve se destacan por sus valores altos de índice de importancia relativa (IR) en el cual la especie más dominante fue *Phalacrocorax olivaceus* (10,33), seguida por *Himantopus mexicanus* (2,8); *Anthus lutescens* (2,12); *Charadrius collaris* (1,70); *Tachycineta leucorrhoa* (1,16); *Vanellus chilensis* (1,05); *Egretta thula* y *Calidris bairdii* (0,70) y *Lessonia rufa* (0,57).

Hernández- Vázquez (2000) realizó un estudio de aves acuáticas del estero La Manzanilla, Jalisco, México. Efectuó censos mensuales durante marzo de 1997 a febrero de 1998 (a excepción del mes de septiembre) con un total de 11 visitas, durante cada visita al estero se realizaron recorridos a pie a lo largo de la playa y con una lancha de 7.5 m de eslora dentro del estero. Como resultados observó un total de 4,180 aves, distribuidas en 45 especies (29 residentes y 16 migratorias) en donde la mayor abundancia se observó en enero y febrero, estuvo determinada principalmente por la presencia del Cormorán Bicrestado (*Phalacrocorax auritus*) y el Petrel Mínimo (*Oceanodroma microsoma*), mientras que en el segundo grupo las mayores abundancias fueron observadas en marzo y junio, en todos los casos fueron influenciadas por el Cormorán Neotropical (*Phalacrocorax brasilianus*) y la Cigüeña Americana (*Mycteria americana*).

Castillo-Guerrero y Carmona (2001) determinaron la distribución de aves acuáticas y rapaces en un embalse dulceacuícola artificial de Baja California Sur, México. Efectuaron 24 censos quincenales de abril de 1998 a marzo de 1999; en cada censo se identificaron y contabilizaron a las aves en cada una de las tres zonas en las que, en función a la profundidad, se dividió el estanque (A, B y C), de la más somera a la más profunda, además de que se incluyó una cuarta zona, el área colindante con el estanque, la zona aledaña. Como resultado obtuvieron un total de 69 especies de aves acuáticas y rapaces pertenecientes a siete órdenes y 14 familias. A lo largo del año se acumuló un total de 25 563 registros de aves acuáticas. La zona C fue la que presentó mayores abundancias (más del 50 % del total de observaciones), seguida de A y B, finalmente la zona aledaña. En cuanto a la riqueza anual, la zona C fue la que registró el mayor número de especies a lo largo del año (62), seguida de A y B (49) y finalmente la zona aledaña (38), debido a que regularmente sólo hubo un charco temporal y un canal de riego, paralelo al eje de conteo.

Gatto y colaboradores (2005) realizaron un estudio sobre la abundancia y diversidad de aves acuáticas en un humedal marino del Golfo San Jorge, Argentina utilizando los ambientes intermareales, continentales y zonas adyacentes de aguas

someras de la caleta Malaspina. El estudio fue realizado del 18 de octubre al 20 de diciembre de 2000; eligieron siete estaciones de muestreos fijas a lo largo de la línea de costa para poder representar la heterogeneidad de los ambientes intermareales de la caleta y utilizaron el método de puntos fijos sobre la línea de costa. Obtuvieron una abundancia total de 16 628 aves acuáticas, en cuanto a la riqueza obtuvieron 31 especies que pertenecen a 12 familias y ocho órdenes, el 65% de las especies se reproduce en la caleta o en las cercanías, mientras el 16% corresponde a especies migratorias neárticas. La composición del ensamble estuvo dominada por la familia Anatidae, seguida por Laridae y Scolopacidae.

Sobrino (2006) presentó un trabajo de la avifauna de la línea de subtransmisión eléctrica Tenosique-Lacanjá, en el sureste de México, en el periodo de julio de 2003 a febrero de 2005. El área de estudio se dividió en cinco trayectos y las observaciones se realizaron en dos periodos; la primera cuando se encontraba en proceso la construcción y la segunda cuando se había terminado la obra, además se compararon las épocas del año (lluvias y secas). Como resultado se obtuvo una riqueza de 237 especies de aves y un total de 5942 individuos observados y/o escuchados, dentro de estas especies un total de 37 se encuentra en alguna categoría dentro de la Norma Oficial Mexicana y 179 especies son residentes. En la temporada de lluvias hubo una mayor riqueza tanto de especies como de individuos, ya que se registraron 63 especies, mientras que en la temporada de secas fueron registradas 38.

Zamora-Orozco, Carmona y Brabata (2007) realizaron un trabajo de distribución de aves acuáticas en las lagunas de oxidación de la ciudad de La Paz, Baja California Sur, México, en la cual en las cinco lagunas y terrenos aledaños se efectuaron censos con periodicidad quincenal, durante un ciclo anual (abril de 1998 a marzo de 1999). Los muestreos fueron realizados al amanecer, paralelos al margen mayor de cada una de las lagunas. La abundancia se estimó con base en el método de Page *et al.* (1979) y la riqueza se presentó como el total de especies vistas en cada mes. Se observaron 75 especies de aves acuáticas y 48 terrestres, durante el año se acumuló un total de 46 041 registros. Los grupos más abundantes fueron

anátidos y aves playeras con 44.1 y 31.7% del total acumulado; las familias de aves acuáticas con mayor número de especies fueron Ardeidae (11), Anatidae (19), Charadriidae (5), Scolopacidae (14) y Laridae (10).

Pineda (2008) realizó un trabajo de diversidad (alfa, beta y gamma) y conservación de aves acuáticas en una zona semiárida del centro de México. Llevó a cabo muestreos mensuales de las aves acuáticas en nueve embalses en un primer ciclo de muestreo a partir de noviembre de 2004 a septiembre de 2005 y en el segundo ciclo se muestrearon doce embalses de agosto de 2006 a julio de 2007, utilizando un trayecto sin distancia límite a lo largo del eje mayor de la presa y de las zonas con mayor abundancia de aves. Como resultados obtuvo un registro de 49 especies en el primer ciclo y 65 durante el segundo; el total de especies registradas en ambos fue de 66. Encontró evidencias de reproducción para 10 especies (*Anas platyrhynchos diazi*, *Oxyura jamaicensis*, *Tachybaptus dominicus*, *Podilymbus podiceps*, *Podiceps nigricollis*, *Butorides virescens*, *Gallinula chloropus*, *Fulica americana*, *Himantopus mexicanus* y *Geothlypis trichas*). Para la abundancia obtuvo una variación de 34.140 en el primer ciclo y 160.7412 en el segundo, aumentando un 470%, debido a las diferencias de especies residentes de invierno y migratorias. La preferencia de hábitat tuvo variables ambientales que se correlacionaron principalmente con la abundancia de las especies de acuerdo a la forma de los embalses, tamaño y la presencia de vegetación, seguidas por las zonas con poca pendiente, algunos parámetros químicos y elementos del paisaje.

Ramírez (2008) realizó un estudio de la diversidad avifaunística del Parque Nacional Cañón del Sumidero, Chiapas, México, en el cual obtuvo un registro en 36 sitios de campo muestreados durante los meses de junio de 2004 a mayo de 2005. Los resultados obtenidos mostraron que la riqueza específica para el área corresponde a 250 especies de aves, de las cuales las especies más abundantes fueron *Coragyps atratus* y *Aratinga holochlora*. 41 especies de aves se encuentran en alguna categoría de riesgo considerada por la NOM-059-ECOL-2001 (una en peligro de extinción, 12 amenazadas y 28 sujetas a protección especial).

En el 2011 Licona realizó un estudio sobre los patrones de distribución y abundancia de la avifauna presente en la Cuenca Media del Río Grijalva, Chiapas, México. Los métodos que utilizó fueron trayectos distancia/tiempo, puntos de conteo y redes de niebla. Ubicó 20 puntos de conteo de abril a diciembre de 2009. La riqueza específica para el área de estudio correspondió a 149 especies, la especie más ampliamente distribuida fue *Calocitta formosa*, observándose en el 85% de los sitios, se registraron 14 especies en alguna categoría de riego y 9 especies con algún tipo de endemismo.

Merino (2013) realizó un trabajo sobre la diversidad de aves asociadas a los humedales de montañas en San Cristóbal de las Casas, Chiapas, en el cual seleccionó dos áreas de estudios: los humedales María Eugenia y los humedales La Kisst, durante enero de 2010 a febrero de 2011. El método que utilizó fue de conteo de avistamientos en puntos fijos en un radio de 75 m. Obtuvo 13,179 registros de aves, distribuidos en 69 especies, pertenecientes a 26 familias, agrupadas en 11 órdenes. El análisis de variación temporal indicó: diciembre con la mayor riqueza específica (45), abril con la mayor abundancia (1,892) y octubre con los valores más bajos en abundancia (636).

La organización Ecobiosfera El Triunfo (2013) realizó un trabajo sobre el Monitoreo de especies de aves acuáticas y terrestres en el Parque Nacional Cañón del Sumidero de Tuxtla Gutiérrez, en el cual se seleccionaron 4 áreas de muestreo: Cañada Muñiz, Tierra Colorada, Betania y la zona del río Grijalva (desde el puente Belisario Domínguez hasta el árbol de navidad). El muestreo se llevó a cabo de agosto a octubre de 2010; se realizaron visitas mensuales en cada una de las áreas. Se registraron un total de 92 especies, las cuales representan a 36 familias; las mejores representadas fueron Tyrannidae y Parulidae con 11 especies cada una, seguida de Icteridae, con 7.

Pineda-López, Arellano-Sanaphre y Vega-Aguirre (2013) realizaron registros nuevos y notables de aves acuáticas en Querétaro y estados adyacentes como el Estado de México, Michoacán, Guanajuato e Hidalgo, así como de visitas esporádicas a la Sierra de Lobos en Guanajuato y a la Sierra Gorda de Querétaro.

Realizaron muestreos mensuales de febrero de 2011 a marzo de 2012 en embalses de zonas semiáridas y subhúmedas, recorriéndolas a pie por las orillas del eje mayor de la presa y de las zonas con mayor abundancia de aves. Obtuvieron nuevos registros estatales de aves acuáticas para los estados de Querétaro (*Bucephala albeola*, *Fregata magnificens*, *Numenius americanus*), Hidalgo (*Charadrius semipalmatus*, *Leucophaeus atricilla*, *Hydroprogne caspia*) y Guanajuato (*Pelecanus occidentalis*).

Ramírez-Urrea y colaboradores (2014) realizaron un trabajo sobre los patrones de la composición de aves acuáticas en el río La Vieja, Valle Geográfico del Río Cauca, Colombia, en el cual compilaron y analizaron los datos de observaciones realizadas durante 36 recorridos entre los años 2001 y 2013 en los meses iniciales o finales de cada año en tres sectores (La Pala–El Alambrado, El Alambrado–San Pablo y San Pablo- Puerto Alejandría) a lo largo del cauce del río La Vieja. Como resultados observaron 28 especies de aves, este número varió entre 13 y 22 dependiendo del transecto y tuvo un promedio de 18 especies por transecto y una desviación estándar de  $\pm 2,67$  especies; de las 28 especies, 22 se observaron más del 50% en los transectos, siendo cuatro (*Actitis macularius*, *Egretta cerulea*, *Egretta thula* y *Vanellus chilensis*) detectadas en todos los transectos. Otras tres especies (*Charadrius collaris*, *Porphyrio martinica* y *Sternula superciliaris*) fueron raras y las observaron sólo en dos transectos.

Serrano-Davies y Pérez-Granados (2015) realizaron una investigación sobre los patrones de distribución y evolución poblacional de las aves acuáticas invernantes en los embalses de Madrid entre 2001 y 2009, donde se relacionaron con los parámetros físicos de los embalses (superficie y capacidad) y descriptivos de las poblaciones (riqueza y diversidad). Los datos se obtuvieron de los censos de aves acuáticas publicados en el Anuario Ornitológico de Madrid al igual que de datos inéditos de las invernadas de 2007-2008 y 2008-2009 cedidos por SEO/BirdLife. El censo se basó en la realización de conteos diurnos durante la primera mitad del mes de enero. Para los resultados tomaron censos anuales de 15 embalses y no consideraron aquellos que no fueron censados todos los años. Los embalses de El

Vellón, El Pardo y Santillana y Valmayor albergaron el 85% de las aves acuáticas que invernan en este tipo de sustrato en la comunidad de Madrid. La riqueza y diversidad media para cada embalse durante el período de estudio variaron enormemente entre embalses, volviendo a destacar los embalses de El Vellón, El Pardo, Santillana y Valmayor como los que albergan un mayor número de especies y más diversos.

Mera-Ortiz *et al.* (2016) realizaron un trabajo sobre la composición y abundancia estacional de aves acuáticas en tres paisajes de la Laguna Mar Muerto ubicada entre Oaxaca y Chiapas. Llevaron a cabo la determinación y cuantificación de la avifauna durante dos meses en la estación de estiaje (marzo-abril) y dos meses en lluvias (mayo-septiembre) en el año 2011 empleando la técnica de puntos de radio fijo. Las familias con mayor número de especies fueron Ardeidae y Scolopacidae (nueve de cada una), seguidas por Anatidae y Laridae (con cuatro especies cada una). La riqueza fue mayor durante los meses de lluvia (33 especies) y menor en los meses de estiaje (29 especies). La riqueza específica y la abundancia mostraron patrones diferentes entre los paisajes: isla Los Pájaros, con 28 especies, seguida de las zonas circundantes a la comunidad de Santa Brígida, con 22 especies y Boca Tonalá, con 14 especies.

Pineda-Diez, Velázquez y Mera-Ortiz (2020) realizaron una investigación sobre riqueza y composición de la avifauna de tres humedales del río Grijalva, Chiapas, México, en el cual fueron 16 puntos de conteo, cinco sitios para el humedal tipo presa, seis sitios tipo río y cinco sitios tipo arroyos, durante el periodo reproductivo: abril-agosto y en invierno: noviembre-marzo de 2013 a 2015. Obtuvieron 170 especies de aves: 134 terrestres y 36 acuáticas, 5,110 registros.

## **IV. OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Comparar la diversidad de aves acuáticas en la temporada de lluvia y de estiaje del embalse de la presa La Angostura, cabecera municipal de La Concordia, Chiapas.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la composición de aves acuáticas en el embalse de la presa La Angostura, cabecera municipal de La Concordia, Chiapas.
- Determinar la variación espacio-temporal de la riqueza y la abundancia de las aves acuáticas del embalse de la presa La Angostura, La Concordia, Chiapas en la temporada de lluvia y estiaje.

## **V. ZONA DE ESTUDIO**

### **5.1 Historia de la cabecera municipal de La Concordia**

El surgimiento de La Concordia en el Valle de los Cuxtepeques y las otras cabeceras municipales (Villacorzo y Villaflores) en el Valle de La Frailesca, en la segunda mitad del siglo XIX, estuvo vinculado al auge de las haciendas, al aumento de su productividad y al crecimiento demográfico de la región (Barrera, 2015).

En 1970 se formó el municipio, señalándose al pueblo de La Concordia como la cabecera (Figura 2) (Cruz, 2001 citado por Sánchez, 2005).





Figura 2. Vista aérea de La Concordia antes de la inundación. Fuente: Mágico Chiapas, 2009.

Otro acto de fundamental importancia para el municipio de La Concordia en el siglo pasado lo constituyó la determinación de saturar hidráulicamente las mejores tierras y haber desaparecido físicamente la cabecera municipal entre los años de 1973 a 1974, con la formulación del proyecto hidroeléctrico La Angostura (Dr. Belisario Domínguez). A lo largo de 100 kilómetros se inundaron las tierras planas, de mejor calidad y quedó en su lugar un gran lago (el embalse). Esto trajo consigo cambios en el clima de la región que influyeron en la modificación del ciclo agrícola, al cambiar el régimen de lluvias (Sánchez, 2005).

La construcción de la presa y el llenado del embalse trajeron muchos más cambios para la región; el agua cubrió una extensión aproximada de 1 500 hectáreas de excelentes terrenos de vega, donde era cultivado maíz, lo que situaba a La Concordia como uno de los primeros municipios productores del grano (INAFED, 2004). Debido a la inundación fueron desalojadas 16,473 personas de su lugar de

residencia en los municipios afectados (principalmente La Concordia), entre peones, arrendatarios, pobladores, propietarios y ejidatarios, siendo estos últimos los más perjudicados al ser reacomodados en terrenos que pertenecían a grandes terratenientes, quienes se dedicaban fundamentalmente a la ganadería extensiva. Por esta razón, amplias extensiones dedicadas a la ganadería se incorporaron a la producción de maíz, frijol y arroz (Cruz, 2001 citado por Sánchez, 2005). En febrero de 1974, una parte de la población se traslada al nuevo pueblo; los últimos lo hicieron en junio del mismo año (Figura 3) (Flores, 1996 citado por Sánchez, 2005).



Figura 3. Traslado de la imagen del señor de la Misericordia antes de la inundación. Fuente: Mágico Chiapas, 2009.

## 5.2 Ubicación

El municipio de La Concordia se localiza al sur del estado de Chiapas entre los 15° 30' y 16°50' de latitud norte y 91° 34' y 93° 10' de longitud oriente, ubicándose la cabecera municipal del mismo nombre en la intersección de los puntos 16° 10' latitud y 92° 37' de longitud y altitud de 550 msnm. El municipio se localiza en la región geoeconómica número IV (Frailasca) y de acuerdo con la relación de municipios del Congreso del Estado le corresponde el número 47, ubicado en la Depresión Central de Chiapas, en la parte media superior del río Grijalva. Es una zona eminentemente agrícola, limitada al suroeste por el río Dorado y al sureste por el San Miguel, se encuentra bañada materialmente por los ríos Cuxtepeques, San Pedro (La

Concordia), Jaltenango, Aguacate y Paso Padres, sin contar sus innumerables afluentes (INAFED, 2004).

La zona de estudio limita al norte con los municipios de Venustiano Carranza y Socoltenango; al sur con Chicomuselo y Mapastepec; al sureste con Ángel Albino Corzo; al suroeste con Pijijiapan y al oeste con Villacorzo. Su extensión territorial es de 2,582.01 km<sup>2</sup> que representa el 13.38% de la superficie de la región frailesca y el 1.47% de la superficie estatal (INEGI, 2008).

El municipio tiene 136 localidades, entre las que destacan; La Concordia (cabecera municipal) y las colonias Benito Juárez, La Tigrilla, Ámbar de Echeverría, Nuevo Zaragoza, Nuevo Diamante, Rizo de Oro, Independencia, Dolores Jaltenango, Nueva Agua Prieta, Finca Cuxtepec, Nuevo Niños Héroes, Nueva Libertad y Nuevo Sonora (Figura 4) (INAFED, 2004).

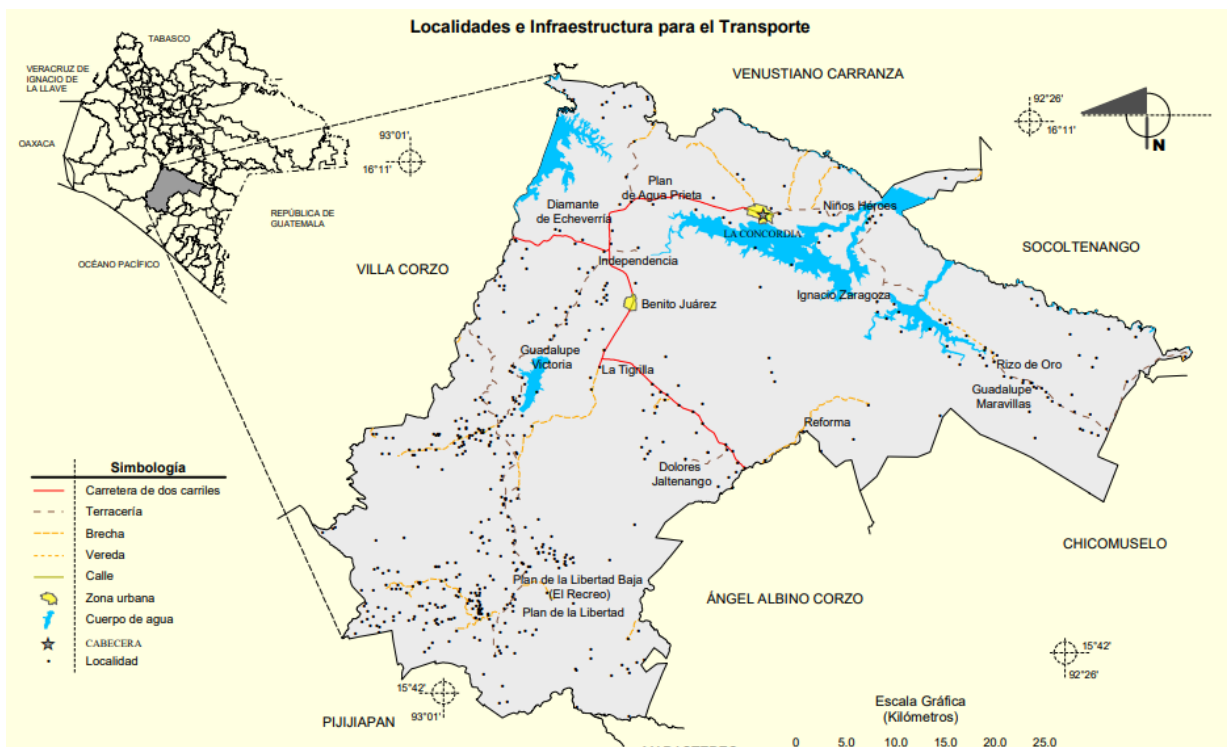


Figura 4. Ubicación de la zona de estudio. Fuente. INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2008, versión 3.1. INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250 000 serie II y serie III.

### 5.3 Hidrología

El principal río es El Grijalva, que forma el embalse de la presa La Angostura al norte del municipio. El río Cuxtepeques forma el embalse de la presa El Portillo, cuyas aguas se utilizan para riego. Otros cursos de agua son: Dorado, Jaltenango, Aguacate, Morelia, La Puerta y varios arroyos (Figura 5) (INAFED, 2004).

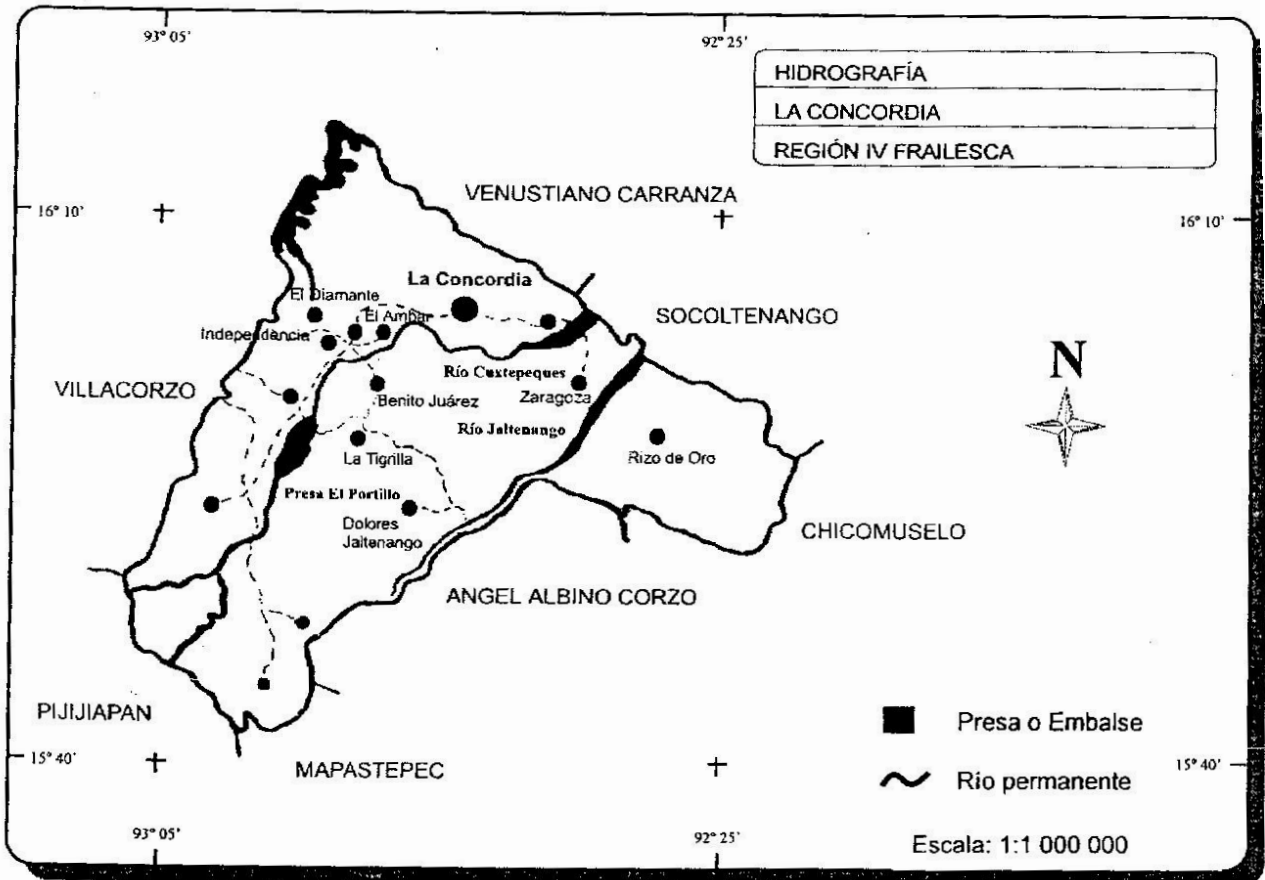


Figura 5. Localización de ríos y presas del municipio de La Concordia, Chiapas. Fuente. INEGI, 1999.

## 5.4 Clima

Existen dos tipos de clima predominantes en la zona de estudio: a menos de 1,000 m de altura, se encuentra el cálido subhúmedo con lluvias en verano, más húmedo A(w2) y cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media A(w1); y a más de 1,000 m de altura, el semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano ACm (INAFED, 2004). Además de estos 2 tipos de climas existen otros de menor superficie municipal, estos son: templado húmedo con abundantes lluvias en verano C(m) y templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad C(w2). El rango de temperatura es de 14-26° C, por lo regular el mes de abril es el más caluroso y la temporada de lluvias se extiende de junio a octubre. La precipitación pluvial de 1 450 mm anuales con circulación de los vientos de este a oeste (Figura 6) (INEGI, 2008).

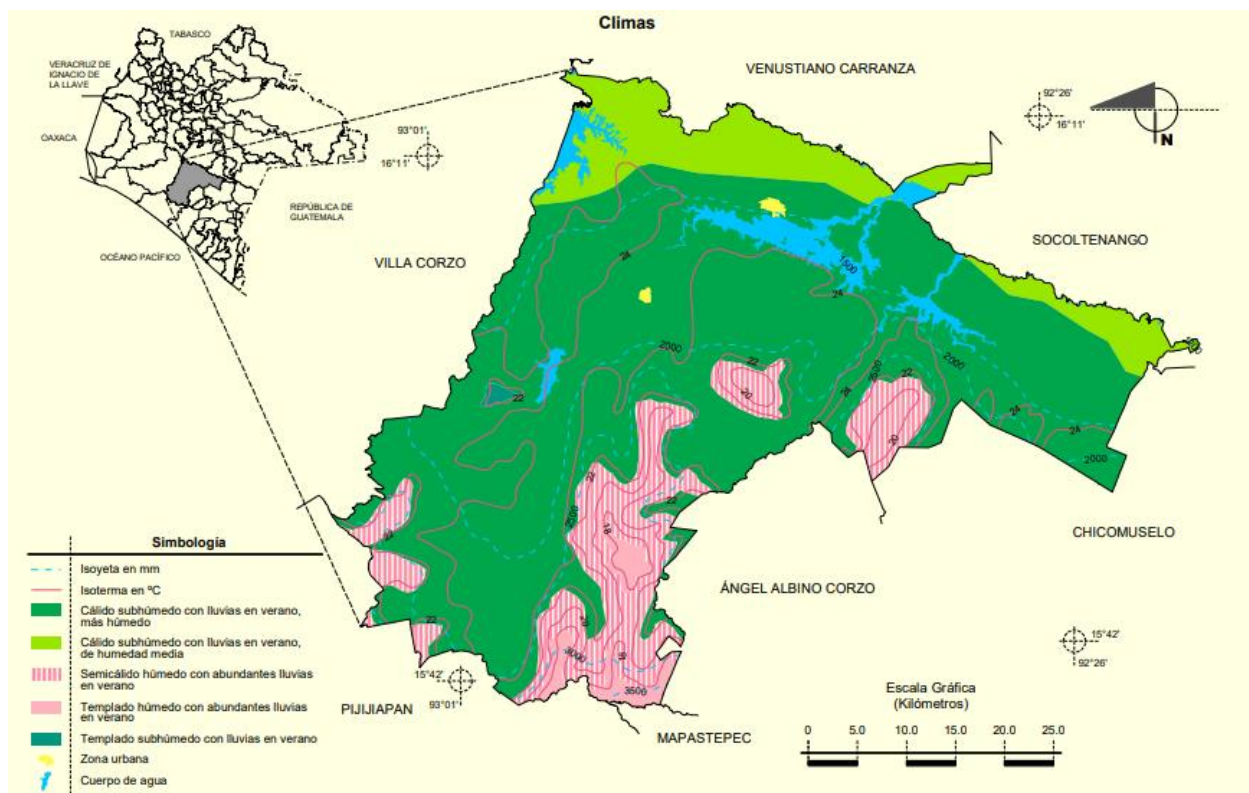


Figura 6. Tipos de climas del municipio de La Concordia, Chiapas. Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2008, versión 3.1. INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de las Cartas de Climas, Precipitación Total Anual y Temperatura Media Anual: 1 000 000, serie I. INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250 000 serie II.



## 5.5 Relieve

La parte más alta del municipio corresponde a la cadena montañosa que forma la Sierra Madre de Chiapas alcanzando los 2 550 m de altitud. En la zona central se encuentran terrenos que alternan lomeríos con llanura; al norte, a orillas del embalse de la presa La Angostura se localizan las zonas planas, mientras que los terrenos accidentados predominan en el oeste y sur del municipio (Figura 7) (Sánchez, 2005).

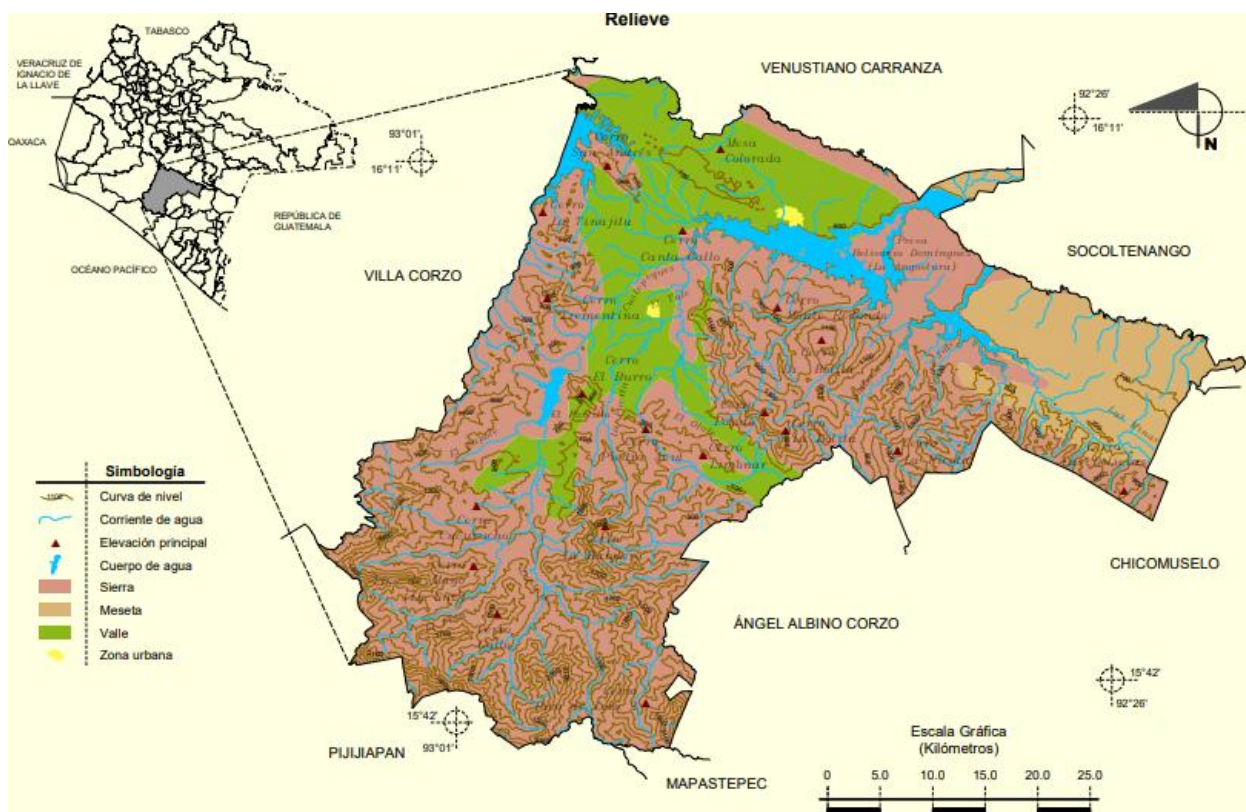


Figura 7. Tipos de relieves del municipio de La Concordia, Chiapas. Fuente. INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2008, versión 3.1. INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250 000 serie II y serie III. INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Fisiográfica, 1:1 000 000, serie I. INEGI-CONAGUA. 2007. Mapa de la Red Hidrográfica Digital de México escala 1:250 000. México.

## 5.6 Edafología

El municipio está constituido geológicamente, por terrenos paleozoicos, jurásicos y triásicos (Figura 8). Los tipos de suelo predominantes son Acrisol, Cambisol, Leptosol, Luvisol y Regesol (SEDESOL, 2011).

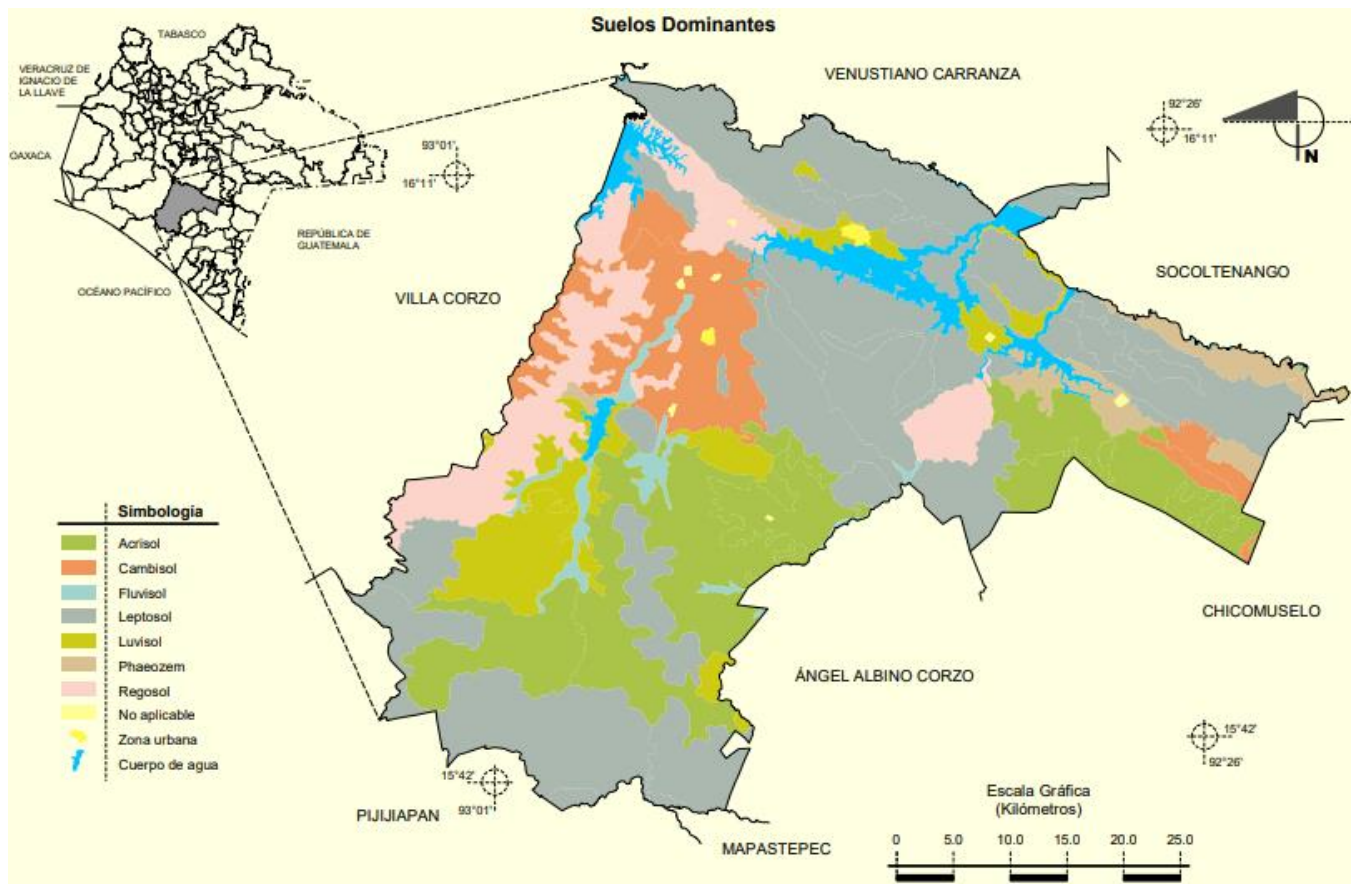


Figura 8. Tipos de suelos del municipio de La Concordia, Chiapas. Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2008, versión 3.1. INEGI. Conjunto de Datos Vectorial Edafológico, Escala 1:250 000 serie II (Continuo Nacional). INEGI. Información Topográfico

El acrisol tiene acumulación de arcilla en el subsuelo, es ácido y muy pobre en nutrientes, de zonas tropicales a templadas o lluviosas; susceptibles a erosión, tal como menciona la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL, 2011).

El cambisol es un tipo de suelo joven, poco desarrollado, de cualquier clima menos de zonas áridas, tiene una capa con terrenos que presenta un cambio con

respecto al tipo de roca subyacente, con alguna acumulación de arcilla, calcio, etcétera. Su uso es principalmente agrícola, bosque y algo de selva (SEDESOL, 2011).

El leptosol se localiza en zonas donde las condiciones ambientales no favorecen el desarrollo de los suelos, o en áreas que han sufrido una erosión importante, generalmente en lugares de fuertes pendientes (Instituto Geográfico Nacional, 2009).

El luvisol es un tipo de suelo que se desarrolla en zonas llanas, o con suave pendiente, de climas en los que existen una estación seca y otra húmeda bien diferenciadas, tal como ocurre en las regiones mediterráneas más lluviosas; frecuentemente, se produce una acumulación de arcillas y un enrojecimiento (SEDESOL, 2011).

El regosol, se caracteriza por no tener capas distintas, es claro y se parece a la roca que le dio origen, se presentan en muy diferentes climas, su susceptibilidad a la erosión es muy variable y depende del terreno en que se encuentre (Instituto Geográfico Nacional, 2009).

## **5.7 Vegetación**

- a) Debido a que el municipio cuenta con dos diferentes tipos de clima, su vegetación predominante también puede distribuirse en dos grandes grupos (Figura 9): Bosque de coníferas, y Sabana y Selva baja caducifolia (Cruz, 2001 citado por Sánchez, 2005).
- b) Bosque de coníferas: se encuentra en el macizo del cerro de La Señorita, a otras alturas anteriores a las estribaciones de la Sierra Madre y la parte de ella misma que corresponde al municipio. Esta región florística ocupa terrenos drenados de entre 750 y 2 800 msnm, mantiene temperaturas medias inferiores de 20°C y precipitaciones inferiores a 1,250 mm anuales (Cruz, 2001 citado por Sánchez, 2005).
- c) Sabana y Selva baja caducifolia: se observa en muy pocas partes del estado, como mezcla de biotopos característicos de la vegetación de la mayor parte de las tierras bajas del municipio. Ocupa terrenos drenados, a veces calizos y



en ocasiones orgánicos, altitudes entre medianas y bajas, temperaturas medias superiores a 20°C y precipitaciones menores a 1 000 mm. La vegetación de esta región florística normalmente pierde las hojas al terminar la época de lluvias y crece con los primeros aguaceros. La parte que corresponde a la sabana se presenta como bosque de galería (entre sabana húmeda y sabana seca) guarnecida en las llanuras con hierbas, arbustos y grupos de árboles en su mayoría deciduos y con selvas altas subdeciduas a lo largo de ríos y arroyos (Cruz, 2001 citado por Sánchez, 2005).

En el municipio se presenta una gran diversidad de especies, distinguiéndose entre otras: anona (*Annona reticulata* L.), cacho novillo (*Godmania aesculifolia* Standl.), caspirol (*Inga laurina* Willd.), carnero (*Coccoloba cozumelensis* Hemsl.), hediendillo (*Caesalpinia eriostachys* Benth.), helecho arbóreo (*Trichipteris costaricensis*), capa de pobre (*Gunnera insignis* DC.), cedro (*Cedrela mexicana* Roem.), encino (*Quercus pilicaulis*), liquidámbar (*Liquidambar styraciflua* L.), ciprés (*Janiperus gamboana* Martz.), pino (*Pinus ayacahuite*), romerillo (*Abies guatemalensis* Rehd.), sabino (*Taxidium mucronatum* Ten.), manzanilla (*Matricaria chamomilla* L.), roble (*Tabebuia pentaphylla* (L) Hemsl.), camarón (*Alvaradoa amorphoides* Liebm.), cepillo (*Combretum farinosum* HBK), cupapé (*Cordia dodecandra* DC.), guaje (*Leucaena glauca* Benth.), huizache (*Acacia farnesiana* Wild.), ishcanal (*Acacia collinsi* Saff.), mezquite (*Prosopis juliflora* DC.), nanche (*Byrsonima crassifolia* HBK) y sospó (*Pseudobombax ellipticum* HBK) (Miranda, 1998; INEGI, 2008).

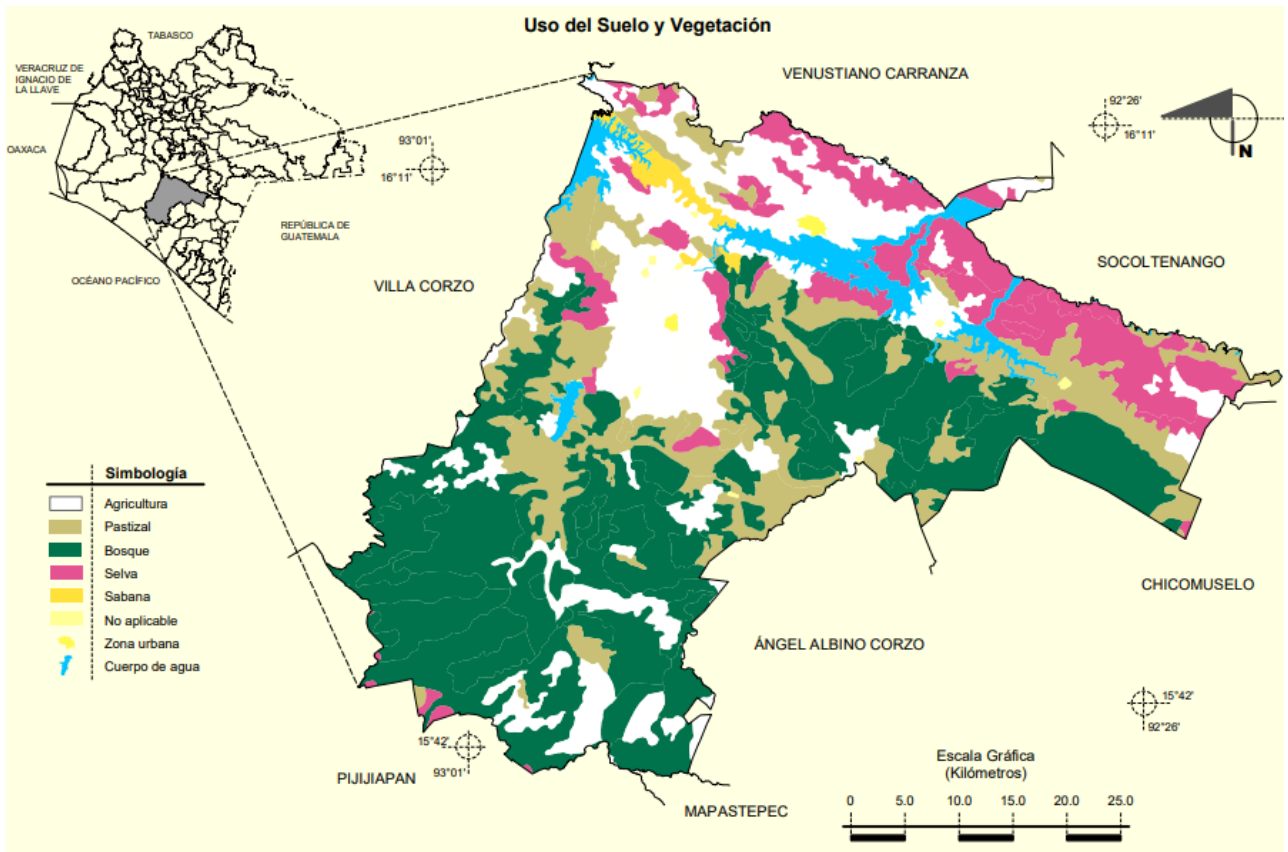


Figura 9. Tipo de uso y vegetación del municipio de La Concordia, Chiapas. Fuente. INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2008, versión 3.1. INEGI. Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación Serie III Escala 1:250 000. INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250 000 serie II.

## 5.8 Fauna

La fauna del municipio es abundante y abarca gran variedad de especies, siendo algunas de las más importantes dentro de la clase Reptilesboa (*Boa constrictor*), culebra verdosa (*Drymobius chlorotucis*), falsa nauyaca (*Trimorphodon biscutatus*), culebra ocotera (*Adelphicos veraepacis*), iguana de roca (*Ctenosaura pectinata*), iguana de ribera (*Iguana iguana*); en la clase Avesse encuentran correcaminos (*Geococcyx velox*), chachalaca olivácea (*Ortalis vetula*), gavián coliblanco (*Buteo albicaudatus*), mochuelo rayado (*Ciecaba virgata*), urraca copetona (*Calcitta formosa*), cotorrilla (*Bolborhynchus lineola*), chupaflor montañero (*Lampornis viridipallens*), jilguero (*Myadestes obscurus*), pajuil (*Penelopina nigra*), y en la clase Mamíferos se encuentran cacomixtle (*Bassariscus sumichrasti*), comadreja (*Mustela*

*frenata*), murciélago (Chiroptera), tlacuache (*Philander opossum*), zorrillo rayado (*Mephitis macroura*), ardilla voladora (*Glaucomys volans*), jabalí (*Tayassu sp.*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), puma (*Puma concolor*), zorrillo espalda blanca (*Conepatus mesoleucus*), y venado cabrito (*Mazama americana*) (Cruz, 2001 citado por Sánchez, 2005).

## VI. MÉTODO

Se llevaron a cabo ocho muestreos mensuales; cuatro en temporada de estiaje (marzo, abril, mayo de 2018 y febrero de 2019), cuatro en temporada de lluvias (julio, agosto, septiembre y octubre de 2018). El horario matutino se inició al amanecer (entre las 6:00 y 7:00 am, dependiendo de la época del año) y hasta aproximadamente las 9:00 am; el horario vespertino se inició entre las 3:00 y 4:00 pm hasta aproximadamente las 6:00 pm (de igual manera dependiendo de la época del año).

Para la observación de las aves se realizaron conteos directos (avistamientos) por medio de binoculares Bushnell 12x42, así como registros indirectos (auditivos). Con respecto al muestreo se llevó una hoja de registro de aves (Figura 10) modificada de Wundeler (1994). Sólo se tomaron en cuenta a las aves acuáticas, que como mencionan Mugica y colaboradores (2006), son aquéllas que dependen del agua, al menos en alguna etapa de su ciclo de vida; muchas especies son espectaculares por su tamaño, apariencia o las enormes agrupaciones que forman. Cabe señalar que es importante tener una buena visibilidad y detectabilidad de estas especies puesto que ésta última es un factor muy importante en la estimación de la abundancia (González-García, 2014).



distancia de 250 metros o más, debido a que, entre más alejados, los datos serán generados independientemente (González-García, 2014). Esta técnica tiene diferentes formas, como el trayecto de franja que toma en cuenta un área de muestreo de forma rectangular, las franjas por lo general se establecen de 25 a 50 m a cada lado de la línea o del punto cero, así se realizó durante el muestreo (González-García, 2014).

Los trayectos se marcaron el día nueve de marzo de 2018 con la ayuda de un Geoposicionador (GPS), aerosol, listón y plumón permanente, considerando la distancia requerida, mencionada anteriormente, entre cada trayecto. Cabe señalar que el orden del recorrido de los trayectos se fue alternando para que no interfiriera el horario en la cantidad de aves registradas y hubiera sesgos en los resultados. De igual modo, los horarios de muestreo se fueron alternando en cada trayecto con la finalidad de no sesgar a las aves encontradas en cada uno, de tal manera que cada trayecto fuera recorrido en ambos horarios equitativamente, así como en diversos órdenes (de inicio a final y viceversa).

Finalmente, se realizaron 25 entrevistas semiestructuradas a los habitantes del municipio, sobre todo a los pescadores, para conocer los nombres locales; como lo menciona Pilar Folgueiras (2016); “en una entrevista semiestructurada se decide de antemano qué tipo de información se requiere y en base a ello se establece un guion de preguntas, al igual, es esencial que el entrevistador tenga una actitud abierta y flexible para poder ir saltando de pregunta según las respuestas que se vayan dando o, inclusive, incorporar alguna nueva cuestión a partir de las respuestas dadas por la persona entrevistada”. En la entrevista se mostraban fotos de las especies de aves acuáticas encontradas a los pescadores, cabe recalcar que el oficio de pescadores en municipio de la Concordia, Chiapas es realizado exclusivamente por hombres.

## **A) ANÁLISIS DE DATOS**

### **Riqueza y abundancia por trayecto**

Se analizó la riqueza y abundancia de las especies por trayectos, con la finalidad de observar si había diferencia entre ambas, por medio de la estadística paramétrica

utilizando análisis de varianza de una vía ANOVA y no paramétrica Kruskal-Wallis, respectivamente (Kruskal Wallis; Sokal y Rohlf 1981). Estos análisis se realizaron con el programa R Studio (Jandel,1995).

### **Época del año**

Se analizó la riqueza y abundancia de las especies por temporada del año (lluvias y estiaje). Con esta información se expresó la riqueza y abundancia media, así como la desviación estándar comparando por medio de estadística paramétrica la significancia de los resultados (Sokal y Rohlf, 1981). Para conocer si las diferencias fueron significativas se utilizó la prueba T-Student por medio del programa R Studio (Jandel,1995).

### **Diversidad alfa ( $\alpha$ )**

Actualmente existen muchos índices para medir la diversidad alfa de un sitio (Magurran,1991), cada uno ligado al tipo de información que se desea analizar, es decir, algunas de las variables de respuesta tienen maneras diferentes de analizarse. Dichos índices, mismos que se considerarán para este estudio, son los siguientes:

#### **a) Riqueza específica**

La riqueza específica es un concepto simple de interpretar que se relaciona con el número de especies presentes en la comunidad. Entonces, un índice apropiado para caracterizar la riqueza de especies de una comunidad es el “número total de especies” ( $S$ ) (Lara, 2009). Para los objetivos de este estudio se utilizó el índice de Margalef, puesto que, Margalef es una medida para estimar la biodiversidad de una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada, esenciales para medir el número de especies en una unidad de muestra (Margalef,1969).

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Donde: **S** = número de especies, **N** = número total de individuos

## b) Índice de Shannon-Wiener

El índice de Shannon-Wiener expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988; Peet, 1974; Baev y Penev, 1995). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988; Moreno, 2001).

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$
$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i \times \log_2 p_i)$$

Donde: **S**= número de especies (la riqueza de especies), **p<sub>i</sub>**=proporción de individuos de la especie *i* respecto al total de individuos (es decir, la abundancia relativa de la especie *i*)  $n_i/N$ , **n<sub>i</sub>**= número de individuos de la especie *i*, **N**= número de todos los individuos de todas las especies.

### Confiabilidad del muestreo

Para determinar la confiabilidad del muestreo durante el periodo de estudio se elaboró una curva de acumulación de especies con los registros mensualmente observados; los datos se vaciaron en una matriz de abundancias relativas considerando el número de individuos por especie, en un día de trabajo. Para analizar esta información se utilizó el índice de Clench (Colwell, 1997 citado por Sobrino, 2006).

$$S(t) = \frac{at}{1+bt}$$

Donde **S(t)** = número de especies esperadas en t, **t** = medida de esfuerzo de muestreo, **a** = tasa de incremento al comienzo del muestreo, **b** = acumulación de las especies.

### **Estado de conservación**

Según la NOM-059-ECOL-2010 (DOF, 2010) las categorías de riesgo son las siguientes:

Peligro de extinción (P): Aquellas especies cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones han disminuido drásticamente, poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, entre otros.

Amenazadas (A): Aquellas especies o poblaciones de las mismas, que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.

Sujetas a protección especial (Pr): Aquellas especies o poblaciones que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación.

Según la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, 2012) las categorías de riesgo son las siguientes:

Extinto (EX): Se presume que un taxón está extinto cuando la realización de prospecciones exhaustivas de sus hábitats, conocidos y/o esperados, en los momentos apropiados (diarios, estacionales, anuales), y a lo largo de su área de distribución histórica, no han podido detectar un solo individuo.



Extinto en estado silvestre (EW): Se presume que un taxón está extinto en estado silvestre cuando la realización de prospecciones exhaustivas de sus hábitats, conocidos y/o esperados, en los momentos apropiados (diarios, estacionales, anuales), y a lo largo de su área de distribución histórica, no ha podido detectar un solo individuo.

En peligro crítico (CR): Un taxón está en peligro crítico cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios “A” a “E” para en peligro crítico y, por consiguiente, se considera que se está enfrentando a un riesgo de extinción extremadamente alto en estado de vida silvestre.

En peligro (EN): Un taxón está en peligro cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios “A” a “E” para en peligro y, por consiguiente, se considera que se está enfrentando a un riesgo de extinción muy alto en estado de vida silvestre.

Vulnerable (VU): Un taxón es vulnerable cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios “A” a “E” para vulnerable y, por consiguiente, se considera que se está enfrentando a un riesgo de extinción alto en estado de vida silvestre.

Casi amenazado (NT): Un taxón está casi amenazado cuando ha sido evaluado según los criterios y no satisface, actualmente, los criterios para en peligro crítico, en peligro o vulnerable, pero está próximo a satisfacer los criterios, o posiblemente los satisfaga, en un futuro cercano.

Preocupación menor (LC): Un taxón se considera de preocupación menor cuando, habiendo sido evaluado, no cumple ninguno de los criterios que definen las categorías de en peligro crítico, en peligro, vulnerable o casi amenazado. Se incluyen en esta categoría taxones abundantes y de amplia distribución.

Datos insuficientes (DD): Un taxón se incluye en la categoría de datos insuficientes cuando no hay información adecuada para hacer una evaluación, directa o indirecta, de su riesgo de extinción basándose en la distribución y/o condición de la población. Un taxón en esta categoría puede estar bien estudiado, y su biología ser bien conocida, pero carecer de los datos apropiados sobre su abundancia y/o distribución. Datos insuficientes no es por lo tanto una categoría de amenaza. Al incluir un taxón en esta categoría se indica que se requiere más información y se reconoce la posibilidad de que investigaciones futuras demuestren apropiada una clasificación de amenazada.

No evaluado (NE): Un taxón se considera no evaluado cuando todavía no ha sido clasificado en relación a estos criterios.

### **Categorías de residencia**

Las especies fueron clasificadas en distintas categorías de residencia de acuerdo con Berlanga, Gómez, Vargas-Canales, Rodríguez-Contreras, Sánchez-González, Ortega-Álvarez y Calderón-Parra (2015).

Residentes (R): son las especies que viven a lo largo de todo el año en una misma región.

Migratorias de invierno (MI): son las especies que se reproducen al norte del continente y pasan el invierno en México y más al sur, por lo general entre los meses de septiembre y abril.

Migratorias de verano (MV): son las especies que están en México únicamente durante la temporada de reproducción en verano, por lo general entre marzo y septiembre.

Transitorias (T): son especies que durante la migración van de paso por nuestro país para dirigirse a sus áreas de invernación al sur en el otoño, o hacia sus áreas de reproducción en el norte durante la primavera.

Accidentales (A): son especies cuya presencia en México es rara o irregular, por ejemplo, individuos en dispersión que están fuera de sus áreas de distribución habitual, o individuos que han sido arrastrados por fenómenos meteorológicos extremos como huracanes y tormentas.

Oceánicas (O): representadas por las especies de aves pelágicas que pasan la mayor parte del tiempo en mar abierto, y que por lo general se reproducen en islas. Si bien ésta última no es una categoría de residencia, si permite destacar su presencia regular en el mar abierto durante la mayor parte del año.

### **Índice de valor de importancia relativa**

Los valores de importancia son los promedios de dos o más parámetros ecológicos, cada uno de los cuales se expresa sobre una base relativa (McCune y Grace, 2002 citado por Anzueto, 2016). El índice de valor de importancia tiene una visión más amplia que señala la importancia de cada especie en el conjunto cuyo resultado es la suma de los valores relativos de Abundancia o Densidad, Dominancia y Frecuencia de cada especie (Acosta, Araujo e Iturre, 2006).

$$\mathbf{IVIr = A\% + F\%}$$

Donde: **IVIr**= índice de valor de importancia relativa, **A%**= abundancia relativa, **F%**= frecuencia relativa.

## **VII. RESULTADOS**

### **Composición de las aves acuáticas**

Se registraron visual y/o auditivamente 6,317 individuos de aves, comprendidos en 38 especies, repartidos en 8 órdenes, 15 familias y 30 géneros (Cuadro 1), de estos el orden que más especies contiene es Charadriiformes, con el 39.47% del total de la avifauna registrada, siendo el más representativo para la zona de estudio, mientras que los órdenes menos representativos fueron Suliformes y Ciconiiformes (2.63%). El orden más abundante es Pelecaniformes, con el 53.58%; mientras que los órdenes menos abundantes fueron Podicipediformes (1.20%), Gruiformes (1.15%) y Coraciiformes (0.44%). La familia Ardeidae es la que posee más especies (8), seguida por Charadriidae (5) y Scolopacidae (5), mientras que las familias menos

representativas fueron Ciconiidae, Burhinidae, Jacanidae, Recurvirostridae y Phalacrocoracidae (Figura 11), todas con una sola especie.

Cuadro 1. Composición de Aves acuáticas del embalse de la presa La Angostura, La Concordia, Chiapas, México.

Orden	Familia	Género	Especie	Individuos
Anseriformes	1	2	2	655
Ciconiiformes	1	1	1	162
Coraciiformes	1	2	3	28
Charadriiformes	6	11	15	1,430
Gruiformes	1	2	2	73
Pelecaniformes	3	9	12	3,385
Podicipediformes	1	2	2	76
Suliformes	1	1	1	508
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>38</b>	<b>6,317</b>

### Variación espacio-temporal de la avifauna acuática

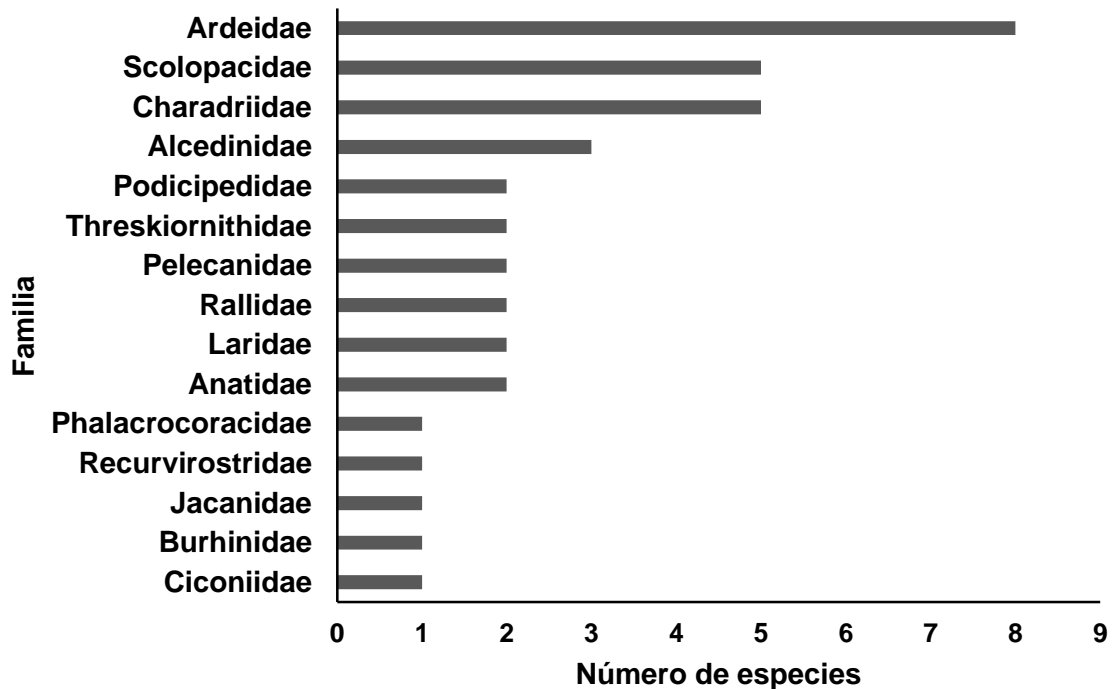


Figura 11. Número de especies por familia de aves acuáticas del embalse la presa La Angostura, La Concordia, Chiapas, México.

La riqueza media de especies registró los valores más altos en la temporada de lluvia con 15.0 especies en promedio (Df: 2.55) mientras que en la temporada de estiaje la riqueza media de especies fue de 13.8 (Df: 2.25). Sin embargo, estas diferencias observadas no se encontraron diferencias significativas ( $t = -1.39$ ,  $p = 0.174$ ) (Figura 12). Se probaron los supuestos de normalidad mediante la prueba de Shapiro Wilk, y la prueba paramétrica  $t$  de Student.

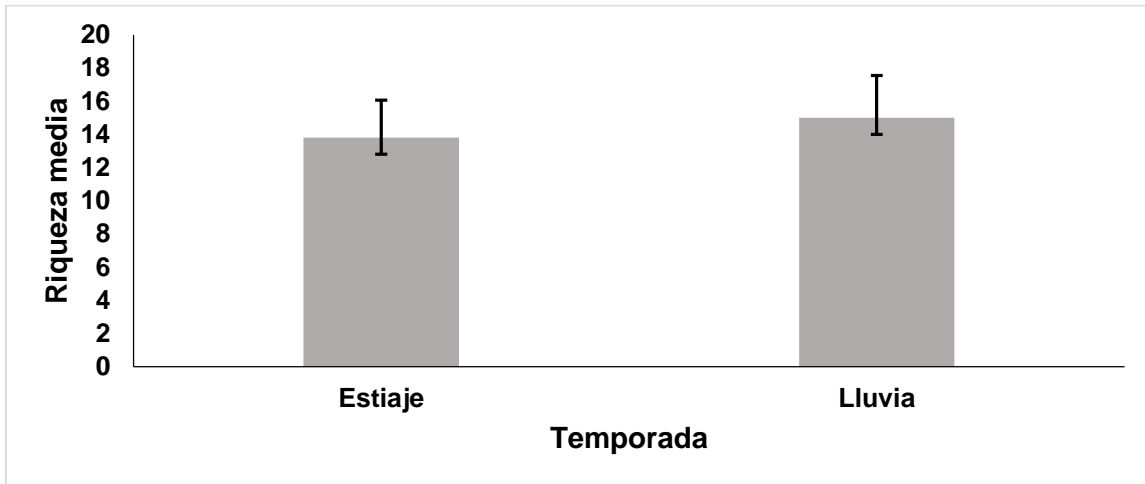


Figura 12. Variación temporal de la riqueza media de aves acuáticas (lluvia y estiaje),  $\pm$ desviación estándar.

De acuerdo a la abundancia media en la temporada de lluvia se obtuvo un promedio de 225.93 (Df: 90.28) (Figura 13), mientras que en la temporada de estiaje el valor medio fue de 168.87 (Df: 67.50). Estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ( $t = -2.02$ ,  $p = 0.05$ ).

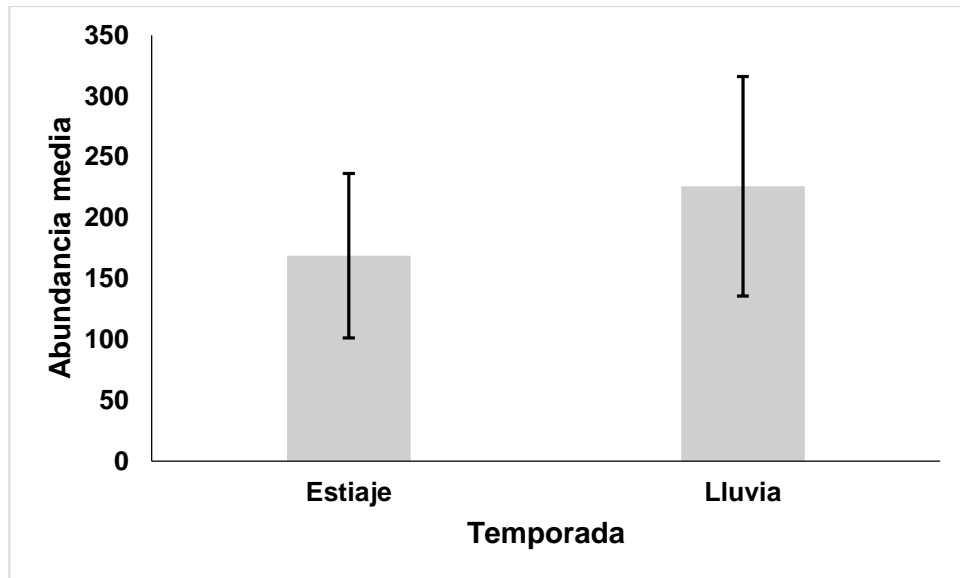


Figura 13. Comparación de la abundancia media de las especies por época del año (lluvia y estiaje)  $\pm$  desviación estándar.

El horario con mayor abundancia para ambas temporadas fue el matutino con 3,766 individuos, mientras que el horario vespertino obtuvo una abundancia de 2,551 (Figura 14).

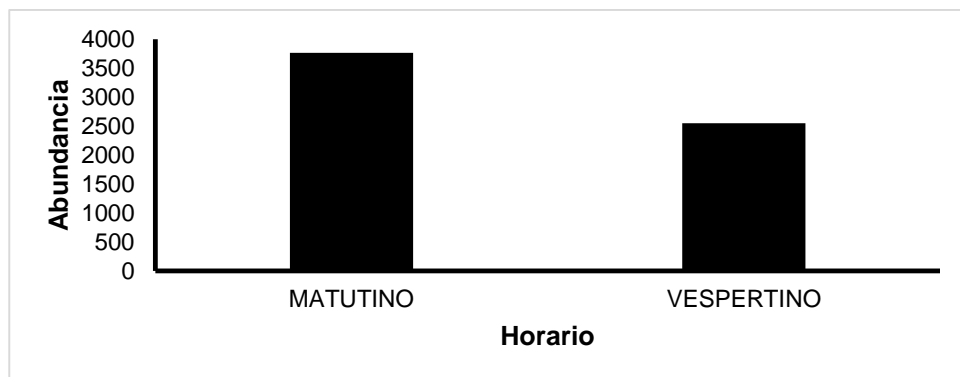


Figura 14. Variación de la abundancia con respecto al horario.

### Riqueza y abundancia por trayecto

El trayecto con mayor riqueza media de especies fue el III con un promedio de 15.12 y una desviación estándar de 2.03, seguido del trayecto II con un promedio de 15 y 3.25 de desviación estándar (Figura 15). Estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ( $F=0.645$ ,  $p=0.428$ )

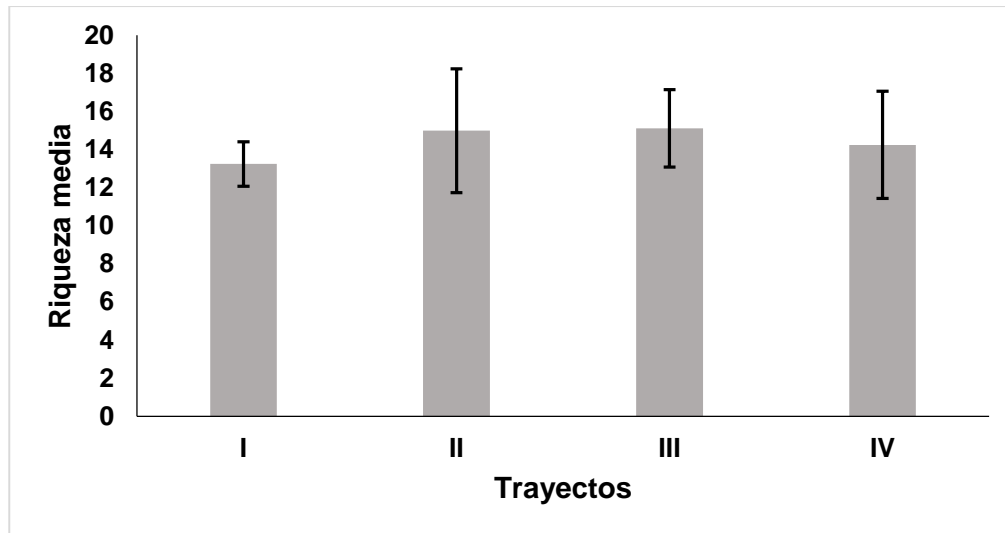


Figura 15. Comparación de la riqueza media de especies en cada trayecto,  $\pm$ desviación estándar.

En cuanto al promedio de abundancia, el trayecto IV obtuvo 248.12 con una desviación estándar de 89.45, seguido del trayecto III con 203.37 y su desviación estándar de 74.63 (Figura 16). Estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ( $H=6.99$ ,  $p=0.07$ ).

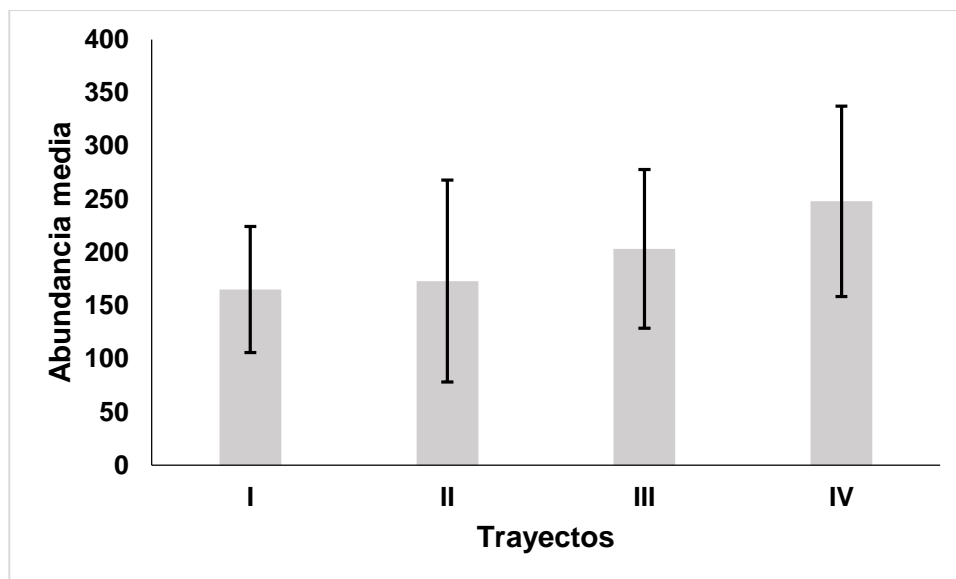


Figura 16. Comparación de la abundancia media de especies en cada trayecto,  $\pm$ desviación estándar.

## **Listado sistemático (composición)**

Se obtuvo un listado de las especies de aves acuáticas del embalse de la presa La Angostura; en el cual el arreglo taxonómico de las especies de aves acuáticas se realizó con base al criterio de Berlanga y colaboradores (2019) para el nivel de orden y familia; la ortografía y reconocimiento de autor y año de cada especie fue de acuerdo al catálogo de Navarro y Gordillo (2006). Se incluyó la categoría de residencia, donde R=Residentes, M=Migratorias (\*Migratoria de Invierno, \*\*Migratoria de Verano) y T=Transitorias. Además, se siguió la Categoría NOM= Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010), donde Pr= Protección especial y A= Amenazado. Y finalmente, se consultó también a la UICN (LC= Preocupación menor; NT= Casi amenazado). Los nombres locales se obtuvieron a partir de las entrevistas semiestructuradas con los pobladores (en su mayoría pescadores), como se mencionó anteriormente; no todas las especies tienen nombre local, ya que los pobladores no están muy informados o interesados en la fauna, en este caso, con las aves acuáticas.



Cuadro 2. Especies de aves acuáticas en el embalse de la presa La Angostura

Nombre científico	Nombre común	Nombre local	Residencia	NOM-059	UICN	Abundancia
<b>Anseriformes</b>						
<b>Anatidae</b>						
<i>Dendrocygna autumnalis</i> (Linnaeus, 1758)	Pijije Alas Blancas	Pijije	R		LC	541
<i>Spatula discors</i> (Linnaeus, 1766)	Cerceta Alas Azules	Pato	*M		LC	114
<b>Charadriiformes</b>						
<b>Burhinidae</b>						
<i>Burhinus bistriatus</i> (Wagler, 1829)	Alcaraván Americano		R		LC	98
<b>Charadriidae</b>						
<i>Charadrius collaris</i> (Vieillot, 1818)	Chorlo de Collar		R		LC	65
<i>Charadrius semipalmatus</i> (Bonaparte, 1825)	Chorlo Semipalmeado		*M		LC	7
<i>Charadrius vociferus</i> (Linnaeus, 1758)	Chorlo Tildío		R,*M		LC	49
<i>Charadrius nivosus</i> (Cassin, 1858)	Chorlo Nevado		*M,**M,R	A	NT	2
<i>Charadrius dominica</i> (Müller, 1776)	Chorlo Dorado Americano		*M		LC	40
<b>Recurvirostridae</b>						
<i>Himnatopus mexicanus</i> (Müller, 1776)	Monjita Americana	Madre lodo	R,*M		LC	249
<b>Jacaniidae</b>						
<i>Jacana spinosa</i> (Linnaeus, 1758)	Jacana Norteña		R		LC	160

Cuadro 2. Continua

Nombre científico	Nombre común	Nombre local	Residencia	NOM-059	UICN	Abundancia
<b>Laridae</b>						
<i>Leucophaeus atricilla</i> (Linnaeus, 1758)	Gaviota Reidora	Gaviota	*M,R		LC	354
<i>Hydroprogne caspia</i> (Pallas, 1770)	Charrán del Caspio	Gaviota	*M,R		LC	11
<b>Scolopacidae</b>						
<i>Calidris himantopus</i> (Bonaparte, 1826)	Playero Zancón		*M,T		LC	8
<i>Calidris minutilla</i> (Vieillot, 1819)	Playero Diminuto		M*		LC	199
<i>Actitis macularius</i> (Linnaeus, 1766)	Playero Alzacolita		M*		LC	40
<i>Tringa flavipes</i> (Gmelin, 1789)	Patamarilla Menor		M*		LC	128
<i>Tringa melanoleuca</i> (Gmelin, 1789)	Patamarilla Mayor		M*		LC	20
<b>Ciconiiformes</b>						
<b>Ciconiidae</b>						
<i>Mycteria americana</i> (Linnaeus, 1758)	Cigüeña Americana		*M,R	Pr	LC	162
<b>Coraciiformes</b>						
<b>Alcedinidae</b>						
<i>Megasceryle torquata</i> (Linnaeus, 1766)	Martín Pescador de Collar	Martín pescador	R		LC	2
<i>Chloroceryle amazona</i> (Latham, 1790)	Martín Pescador Amazónico	Martín pescador	R		LC	20
<i>Chloroceryle americana</i> (Gmelin, 1788)	Martín Pescador Verde	Martín pescador	R		LC	6

Cuadro 2. Continua

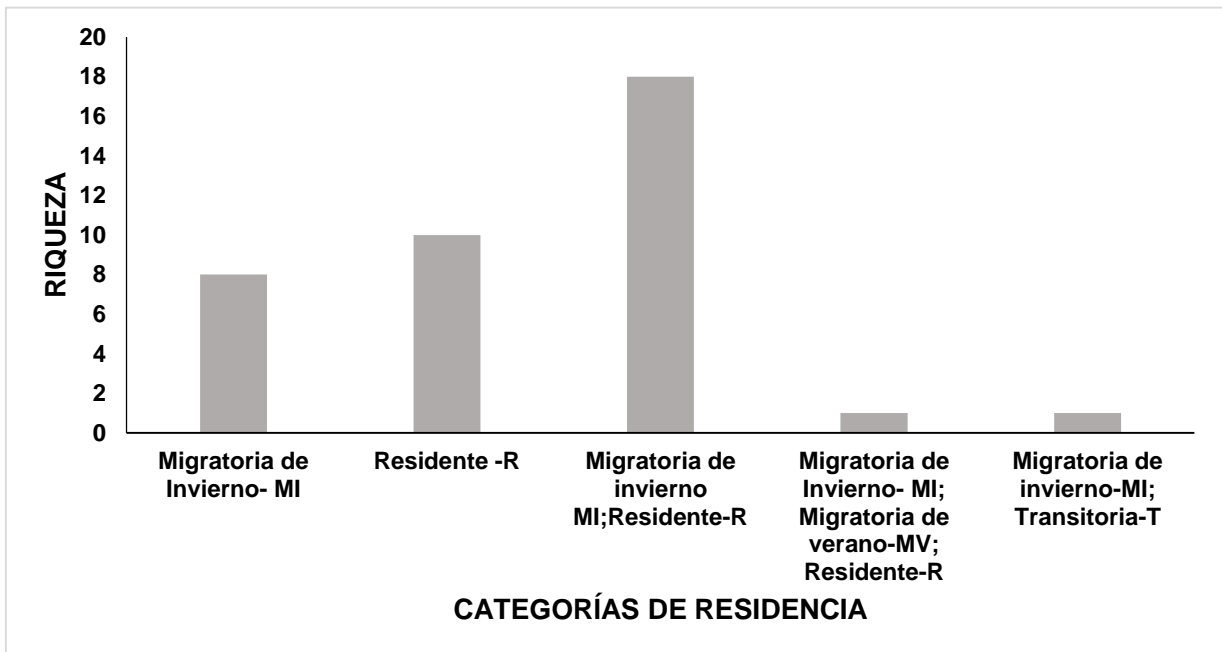
<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Nombre local</b>	<b>Residencia</b>	<b>NOM-059</b>	<b>UICN</b>	<b>Abundancia</b>
<b>Gruiformes</b>						
<b>Rallidae</b>						
<i>Fulica americana</i> (Gmelin, 1789)	Gallareta Americana		R,M*		LC	72
<i>Porphyrio martinicus</i> (Linnaeus, 1766)	Gallineta Morada		R,*M		LC	1
<b>Pelecaniformes</b>						
<b>Ardeidae</b>						
<i>Ardea alba</i> (Linnaeus, 1758)	Garza Blanca	Garza grande	*M,R		LC	1,329
<i>Ardea herodias</i> (Linnaeus, 1758)	Garza Morena		*M,R	Pr	LC	60
<i>Bulbucus ibis</i> (Linnaeus, 1758)	Garza Ganadera		R,*M		LC	90
<i>Butorides virescens</i> (Linnaeus, 1758)	Garcita Verde		R,*M		LC	115
<i>Egretta thula</i> (Molina, 1782)	Garza Dedos Dorados	Garza chica	*M,R		LC	779
<i>Egretta tricolor</i> (Müller, 1776)	Garza Tricolor		*M,R		LC	59
<i>Cochlearius cochlearius</i> (Linnaeus, 1766)	Garza Cucharón		R		LC	18
<i>Nycticorax nycticorax</i> (Linnaeus, 1758)	Garza Nocturna Corona Negra	Majoma	R,*M		LC	683
<b>Threskiornithidae</b>						
<i>Platalea ajaja</i> (Linnaeus, 1758)	Espátula Rosada	Flamenco	*M,R		LC	18
<i>Eudocimus albus</i> (Linnaeus, 1758)	Ibis Blanco		R,*M		LC	63

Cuadro 2. Continua.

Nombre científico	Nombre común	Nombre local	Residencia	NOM-059	UICN	Abundancia
<b>Pelecanidae</b>						
<i>Pelecanus erythrorhynchos</i> (Gmelin, 1789)	Pelícano Blanco Americano	Pelícano	*M		LC	114
<i>Pelecanus occidentalis</i> (Linnaeus, 1766)	Pelícano café	Pelícano	R,*M	A	LC	57
<b>Podicipediformes</b>						
<b>Podicipedidae</b>						
<i>Podilymbus podiceps</i> (Linnaeus, 1758)	Zambullidor Pico Grueso		R,*M		LC	2
<i>Tachybaptu dominicus</i> (Linnaeus, 1766)	Zambullidor Menor		R	Pr	LC	74
<b>Suliformes</b>						
<b>Phalacrocoracidae</b>						
<i>Phalacrocorax brasilianus</i> (Gmelin, 1789)	Pato Buzo	Marinero	R		LC	508

## Estacionalidad

Del total de las especies registradas (38), el 47% son migratorias de invierno (MI) y residentes (R) (18), el 26% es residente (R) (10), el 21% migratoria de invierno (MI) (8), el 3% migratoria de Invierno (MI), migratoria de verano (MV) y residente (R) (1); y 3% (1) migratoria de invierno (MI) y transitoria (T) de acuerdo con Berlanga y colaboradores (2018) (Figura 17).



. Figura 17. Estacionalidad de aves acuáticas del embalse la presa La Angostura, La Concordia, Chiapas, México.

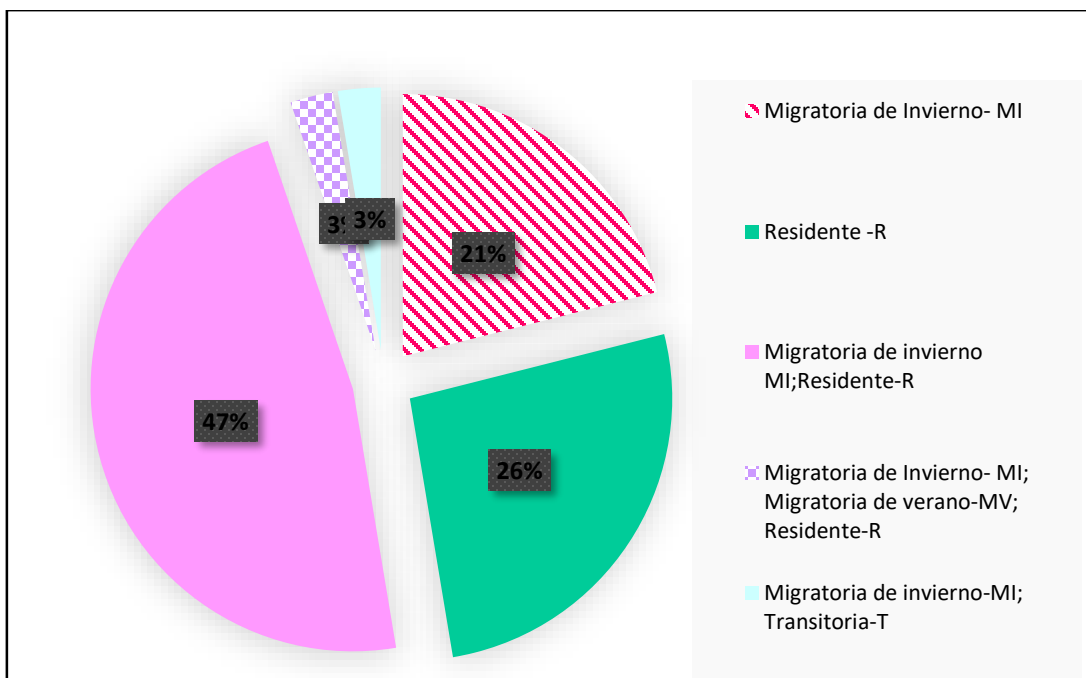


Figura 18. Porcentaje de la estacionalidad de aves acuáticas del embalse la presa La Angostura, La Concordia, Chiapas, México.

Cuadro 3. Abundancia de las aves acuáticas residentes que incrementaron durante el invierno en el embalse de la presa La Angostura, La Concordia, Chiapas.

Especies	Estacionalidad	Época (Abundancia)	
		Lluvia	Estiaje
<i>Chloroceryle amazona</i>	Residente (R)	0	20
<i>Charadrius collaris</i>	Residente (R)	18	47
<i>Himnatopus mexicanus</i>	Residente (R); Migratoria de invierno (*M)	97	152
<i>Fulica americana</i>	Residente (R); Migratoria de invierno (*M)	1	71
<i>Porphyrio martinicus</i>	Residente (R); Migratoria de invierno (*M)	0	1
<i>Ardea herodias</i>	Migratoria de invierno (*M); Residente (R)	18	42
<i>Butorides virescens</i>	Residente (R); Migratoria de invierno (*M)	43	72
<i>Cochlearius cochlearius</i>	Residente (R)	0	18
<i>Tachybaptu dominicus</i>	Residente (R)	27	47

Cuadro 4. Frecuencia de ocurrencia de las aves acuáticas residentes en el embalse de la presa La Angostura, La Concordia, Chiapas.

<b>Nombre de la especie</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Feb</b>
Phalacrocorax brasilianus (Rp)	x	x	x	x	x	x	x	x
Tachybaptu dominicus (Rp)	x	x	x	x	x	x	x	x
Platalea ajaja (Rv)	x		x	x				
Eudocimus albus (Rp)	x	x	x	x		x	x	x
Pelecanus occidentalis (Rp)		x	x	x			x	x
Nycticorax nycticorax (Rp)	x	x	x	x	x	x	x	x
Egretta tricolor (Rp)	x	x	x	x		x	x	x
Egretta thula (Rp)	x	x	x	x	x	x	x	x
Cochlearius cochlearius (Rp)					x	x		
Butorides virescens (Rp)	x	x	x	x	x	x	x	x
Bulbucus ibis (Rp)	x	x	x	x	x		x	x
Ardea alba (Rp)	x	x	x	x	x	x	x	x
Fulica americana (Rp)		x			x	x	x	x
Himnatopus mexicanus (Rp)	x		x	x	x	x	x	x
Leucophaeus atricilla (Rp)		x	x	x	x			x
Jacana spinosa (Rp)	x	x	x	x	x	x	x	x
Charadrius vociferus (Rp)	x	x	x	x	x		x	x
Charadrius nivosus (Rv)	x							
Charadrius collaris (Rp)	x	x	x	x	x	x	x	x
Burhinus bistriatus (Rp)	x	x	x	x	x	x	x	x
Megaceryle torquata (Rp)	x						x	
Chloroceryle americana (Rv)		x	x					
Chloroceryle amazona (Rp)					x	x	x	
Mycteria americana (Rp)	x	x	x	x		x	x	x
Dendrocygna autumnalis (Rv)	x	x	x	x		x		

**Rp: Residente permanente**

**Rv: Residente verano**

## Estado de conservación

Con base en la UICN, el 2.63% de las aves acuáticas se encuentra dentro de la categoría casi amenazado, esto quiere decir que únicamente la especie *Charadrius nivosus* encuentra en esta categoría (Figura 19).

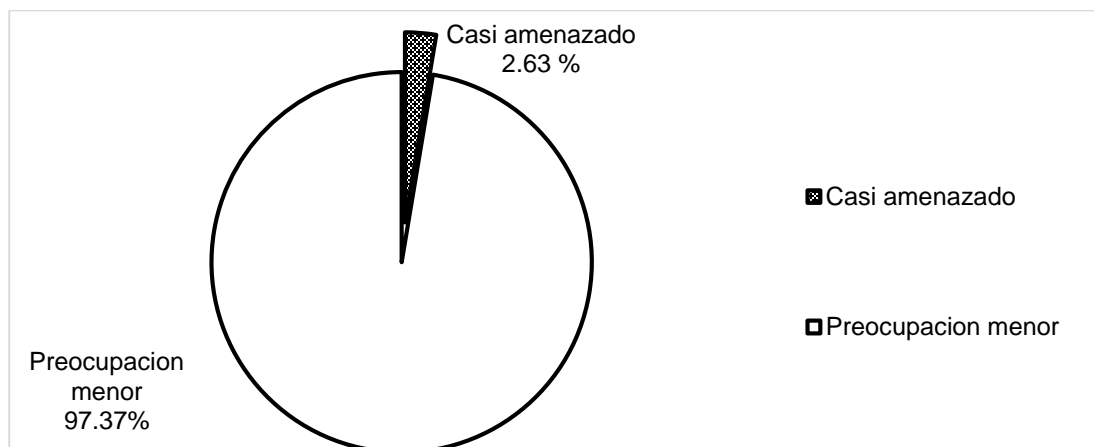


Figura 19. Especies de aves acuáticas observadas en el área de estudio con alguna categoría de protección según la UICN.

El 13.15% se encuentra dentro de alguna de las categorías de protección de la NOM-059 (Figura 20); tres de ellas están sujetas a protección especial: *Mycteria americana*, *Ardea herodias* y *Tachybaptus dominicus*; y dos están amenazadas: *Pelecanus occidentalis* y *Charadrius nivosus*: ésta última especie obtuvo baja abundancia (2), durante el periodo del estudio.

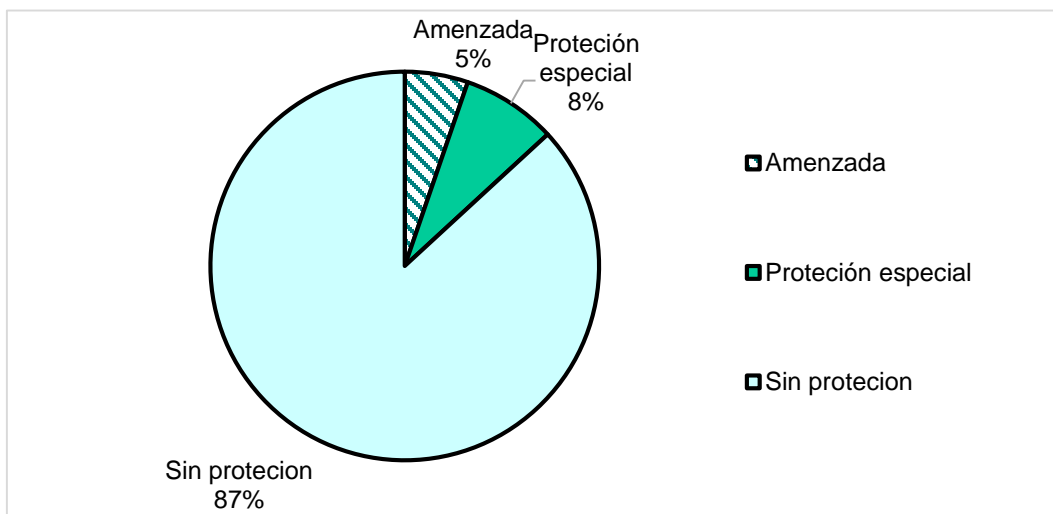


Figura 20. Especies de aves acuáticas observadas en el área de estudio con alguna categoría de protección según la NOM-059-2010.



## Índice de valor de importancia relativa

Las especies con los mayores valores de índice de valor de importancia relativa fueron, en orden decreciente, Garza blanca (*Ardea alba*), Garza de dedos dorados (*Egretta thula*) y Garza nocturna corona negra (*Nycticorax nycticorax*) (Figura 21).

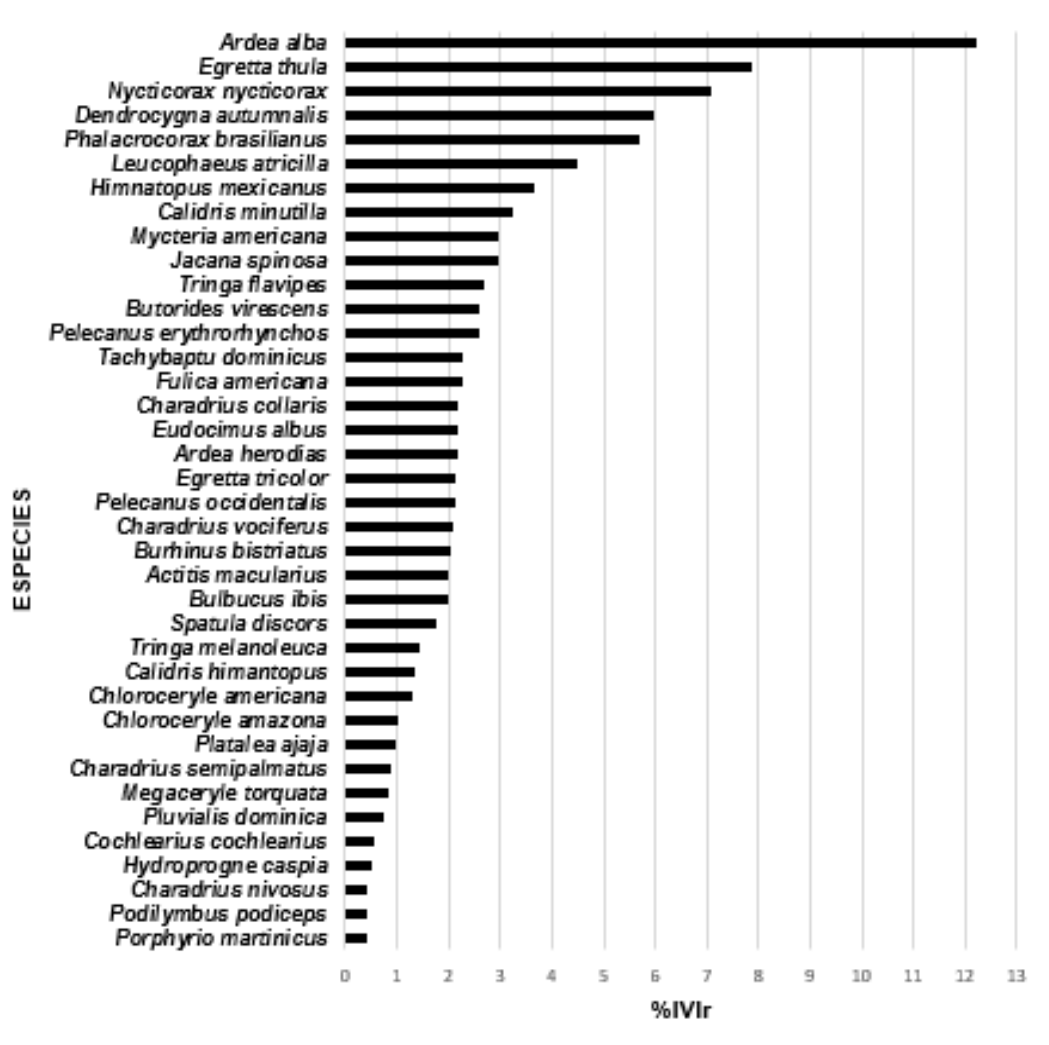


Figura 21. Índice de valor de importancia relativa (IVIr) de aves acuáticas del embalse la presa La Angostura, La Concordia, Chiapas, México.

## VIII. DISCUSIÓN

Las aves acuáticas son aquéllas dependientes, total o parcialmente, durante toda su vida o en alguna etapa, de los humedales; este grupo contiene algunas de las especies de mayor tamaño y en él aparecen una serie de fenómenos ecológicos muy interesantes, entre los que destacan las migraciones y la vida en colonias. Por otra parte, las especies acuáticas constituyen un grupo altamente dinámico dentro de las aves, ya que la variabilidad interna de los humedales se refleja también en ellas, pues los hábitos se encuentran en un constante estado de cambio y se adaptan a las actividades actuales del ser humano (Ríocauto, 2019), es el caso del embalse de la presa La Angostura su función preferentemente lugar de alimentación de especies migratorias, de descanso y de escala.

### **Diversidad de aves acuáticas del embalse de la presa La Angostura**

La riqueza y abundancia de aves acuáticas en el embalse “La Angostura”, de La Concordia, Chiapas, se documentó con 6 317 individuos los cuales se dividieron en 38 especies, estos números son relativamente bajos en comparación con otros estudios relacionados en ambientes similares en México; como el realizado por los autores Castillo-Guerrero y Carmona (2001), en el embalse dulceacuícola artificial de Baja California Sur, donde encontraron 25 563 individuos distribuidos en 60 especies, esta diferencia pudo deberse a que los autores realizaron un muestreo consecutivo abarcando los 12 meses del año 2 veces por cada mes, teniendo así mayor probabilidad de encontrar avistamientos, así como el área estudiada se presentó en mayor superficie.

Echevarría y Fanjul (2016) realizaron un estudio en el embalse “Escaba” en Tucumán, Argentina donde obtuvieron 4 440 individuos en 131 especies, algo similar obtuvieron Herrero, Aja y Balbás (s.a.), ellos documentaron un total de 4 500 y 38 especies en el periodo de 1968-2004, en un estudio realizado en el embalse “Ebro”, España, a diferencia del presente estudio donde el total de individuos es superior con 6 317 ejemplares y el tiempo de muestreo es significativamente corto en

comparación con el de los autores mencionados, esto puede deberse a que México es uno de los cuatro países con mayor biodiversidad en el mundo (Ortega-Álvarez, Sánchez-González y Berlanga-García, 2015) y en cuanto a riqueza de aves, de las alrededor de 10 507 especies que hay en el mundo, un total de entre 1 123 y 1 150, cerca del 11% del total mundial, habitan en México, que es más de las que existen en Estados Unidos y Canadá en conjunto (Navarro-Sigüenza et al., 2014), ocupando así México el onceavo lugar en número de especies, donde las aves son el grupo más visible de la diversidad biológica de América del Norte (Ortega-Álvarez, Sánchez-González y Berlanga-García, 2015), con respecto los estados más ricos son Oaxaca, Chiapas y Veracruz (Navarro-Sigüenza et al., 2014), el total de especies de aves registradas en Chiapas es de 694 (con 14 subespecies) incluidas en 21 órdenes y 78 familias (Rangel-Salazar *et al.*, 2013) teniendo la posibilidad de tener más avistamientos de aves.

Un dato importante es que la literatura menciona que dentro de los principales grupos de aves acuáticas se incluyen los órdenes: Podicipediformes, Pelecaniformes, Cicconiformes, Anseriformes, Gruiformes y Charadriiformes (Keddy, 2000 citado por Merino, 2013); concordando así con el autor, ya que todos estos órdenes se hicieron presentes en el embalse de la presa “La Angostura”, siendo Charadriiformes el más representativo con 6 familias, 10 géneros y 15 especies, este orden son especies de larga migraciones en las que pueden recorrer miles de kilómetros, siendo las aves más cosmopolitas, las que presentan mayor índice de migración y las que muestran impresionantes desplazamientos poblacionales intercontinentales desde sus sitios reproductivos en el Ártico hasta los no reproductivos como Asia, África o América (Canevari *et al.* 2001 citado por Villarreal, 2010) y tiene dos periodos bien diferenciados de migración; la migración de primavera ocurre entre marzo y mayo, este periodo las aves vuelan rumbo al norte hacia los hábitat de Ártico, la migración de otoño, se presenta entre agosto y octubre, donde las aves se dirigen al sur a los hábitat humedales, pastizales y lagunas entre mareas repartidos a lo largo de Centro Suramérica (Stiles y Skutch, 1991 citado por Villarreal, 2010).

### **Riqueza y abundancia de especies en temporada de lluvia y estiaje**

La temporada de lluvia presentó mayor número de riqueza media de las especies por época del año ( $\bar{x} = 15.0$  y  $\sigma = 2.55$ ). Existe una variación entre la temporada de lluvias y estiaje, ya que en temporada de lluvia puede aumentar la profundidad de la presa La Angostura (subiendo el nivel del agua) y extenderse más la ocupación del área obteniendo pérdida de vegetación. En algunas zonas, la pérdida del hábitat ha sido compensada, al menos en parte, por la creación de cuerpos de agua artificial, entre los que destacan numerosos embalses que permiten la estancia de aves acuáticas migratorias y residentes. La importancia de estos reservorios depende en gran medida de la variedad y disponibilidad de los recursos (Castillo-Guerrero y Carmona, 2001). La diferencia en la riqueza de especies migratorias y residentes en las distintas épocas puede deberse a la composición del hábitat, la cual es distinta en cada época, la precipitación pluvial es un factor ambiental que influye en la distribución de los individuos según la época del año, lluviosa o seca (Rangel, 1990; Karr, 1990, citado por Sobrino, 2006) (Figura 13).

La mayor riqueza lo obtuvieron el trayecto III y II (Figura 15), también la mayor abundancia lo obtuvieron el trayecto IV y III (Figura 16) en los cuales las aves acuáticas prefieren estos sitios, ya que son de zonas abiertas con vegetación sumergida y áreas someras con poca velocidad de corriente, por tanto, estos tipos de sitios les permiten obtener abundante alimento a menor costo energético (Ysebaert *et al.*, 2000 y Hernández-Vázquez, 2005). Aunque en el trayecto II se registra alta actividad humana, a algunas de estas especies no les incomoda la presencia humana.

### **Estacionalidad de aves acuáticas del embalse de la presa La Angostura**

Una de las características más notables de muchas aves acuáticas, sobre todo las aves playeras, los patos y los gansos, es que migran de sus zonas de reproducción en latitudes altas a zonas de estancia invernal en latitudes bajas (Medellín, Abreu-

Grobois, Arizmendi, Mellink, Ruelas, Santana y Urbán, 2009). La presencia de sitios de abastecimiento a lo largo de su ruta migratoria es de suma importancia, la cual varía dependiendo de las distancias de vuelo; en algunos de estos sitios los individuos parecen obtener suficiente alimento para apenas llegar a la siguiente parada (Farmer y Parent, 1997), como es el caso del embalse La Angostura, aunque algunas de estas especies son residentes, sus poblaciones se incrementaron durante el invierno probablemente por la migración local que se realizan (Cuadro 3).

Es importante considerar lo señalado por Rappole *et al.* (1993) y Amparan (2000), donde mencionan que el proceso de expansión en la distribución y el desarrollo de poblaciones migratorias es continuo y dinámico; ejemplo de esto es lo que ha sucedido con *Bubulcus ibis*, *Egretta tricolor*, *Egretta thula* y *Ardea alba*, las cuales recientemente han desarrollado poblaciones migratorias, es posible que éstas especies, consideradas como residentes permanentes presenten la misma situación, lo cual es apreciado en la fluctuación de su abundancia (Cuadro 4).

### **Composición de aves acuáticas del embalse de la presa La Angostura**

Mera-Ortiz y colaboradores (2016) registraron a las especies con mayor importancia en la abundancia en tres paisajes de la laguna Mar Muerto, la especie *Fregata magnificens* obtuvo 651 registros, a diferencia del estudio esta ave no se presentó en el embalse de la presa La Angostura ya que sus actividades están principalmente asociadas a los ambientes costeros (Ecofronteras, 2017); en segundo lugar, se encuentra la especie *Phalacrocorax brasilianus* con 211, sin embargo en este trabajo la especie se hizo presente en una mayor cantidad con 508 (cuadro 2), esta especie está ampliamente distribuida en la región neotropical, desde el sur de los Estados Unidos hasta Cabo de Hornos en Chile; es común en ríos, lagos, embalses y esteros, anidando en grupos o en asociación con otras especies particularmente garzas (Stiles y Skutch 1989, citado por Herrera, 2015).

Ayala-Pérez y colaboradores (2013) registraron las especies más numerosas y con los mayores valores de índice de importancia relativa fueron, en orden

decreciente, el pato cucharón norteño (*Anas clypeata*), la gallareta americana (*Fulica americana*), el pato mexicano (*Anas platyrhynchos diazi*), el costurero pico largo (*Limnodromus scolopaceus*) y el pato tepalcate (*Oxyura jamaicensis*), a diferencia de este trabajo la especie con mayor índice de importancia relativa fueron Garza blanca (*Ardea alba*), Garza de dedos dorados (*Egretta thula*) y Garza nocturna corona negra (*Nycticorax nycticorax*) (figura 21).

### **Estado de conservación de aves acuáticas del embalse de la presa La Angostura**

La Lista Roja de UICN es un indicador crítico de la salud de la biodiversidad del mundo, mucho más que una lista de especies y su estado, es una poderosa herramienta para informar y catalizar acciones para conservación de biodiversidad y cambios de políticas (UICN, 2021). La Norma Oficial Mexicana tiene por objeto identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana, mediante la integración de las listas correspondientes (PROFEPA, 2016).

En la Lista Roja de UICN solo el 2.63% de todas las especies de aves acuáticas del embalse de la presa La Angostura se encontró en una categoría de casi amenazada, es el caso de la especie *Charadrius nivosus* (Figura 19), Page *et al.*, 2009, citado por Galindo, 2015, nos mencionan que los factores que hacen vulnerable al chorlo nevado ante los efectos negativos de la pérdida o degradación de la calidad de su hábitat, se relacionan principalmente con su biología reproductora, dichos factores incluyen, anidar en el suelo, un bajo potencial reproductor.

A diferencia de la Lista Roja en la NOM-059 el 13.15% de las especies halladas, se encuentra dentro de las categorías amenazadas y protección especial (Figura 20); en el cual la especie *Charadrius nivosus* está en la categoría amenazada junto con la especie *Pelecanus occidentalis*. A finales de los 60's y principio de los 70's el pelícano pardo fue motivo de diversas investigaciones como consecuencia del

descenso de su población causado por contaminantes (Schreiber 1980; Wickliffe & Bickham 1998, citado por Hernández-Vázquez *et al.*, 2011); debido al declive poblacional, el Servicio de Pesca y Vida Silvestre (FWS por sus siglas en inglés) la incluyó en la Ley de Especies en Peligro de Extinción; esta acción se basó en una revisión y monitoreo de su población de varios años, que indican que la especie ya no está en peligro de extinción, o susceptible de serlo en un futuro previsible, sin embargo, seguirá siendo protegida por las disposiciones del Tratado de Aves Migratorias (U.S. FWS, 2009, citado por Hernández-Vázquez *et al.*, 2011).Gärdenfors, 2001, citado por García-Aguilar *et al.*, 2017 nos indica que la NOM-059 está diseñada para aplicarse a nivel nacional, mientras que la Lista Roja está elaborada a nivel global. Por ello, el estado conservación de una especie a nivel global no necesariamente coincide con el estado de conservación de la misma especie a nivel nacional, excepto en el caso de las especies endémicas donde el efecto de escala se elimina.

Debido a la importancia de las aves en la estructura de los ecosistemas, la diversidad de formas, su interesante conducta, el misterio de su migración y, sobre todo, la facilidad con que son observadas, son un grupo clave en el desarrollo de las ciencias biológicas y sociales (Cuesta, 2017). Por otro lado, la presencia de aves está estrechamente relacionada con la condición de sus hábitats, pues muchas son sensibles a cambios mínimos en ellos, por lo cual se les considera buenos indicadores de perturbación (Arizmendi, 2001; Şekercioğlu, Daily y Ehrlich, 2004), como por ejemplo en el embalse de La Angostura los pobladores tienen actividades pesqueras y ganaderas, sobre todo lo llevan a cabo en las mañanas es por ello que hay una mayor abundancia con 3,766 individuos en horario matutino (Figura 14).

## IX. CONCLUSIONES

- La diversidad de aves acuáticas en la temporada que obtuvo un mayor número de riqueza y de abundancia media de las especies fue la de lluvia, con un promedio de 15.0 y una desviación estándar de 2.55; abundancia media su promedio fue de 225.93 y la desviación estándar 90.28. Aunque probaron los supuestos de normalidad mediante la prueba de Shapiro Wilk, y se realizó la prueba paramétrica t de Student, no se encontraron diferencias significativas.
- El 47% del total de aves observadas son migratorias de invierno (MI) y residentes (R) (18 especies)
- La especie *Ardea alba* se mostró como la especie más abundante durante el estudio.
- De las 38 especies encontradas, 15 especies tiene nombre local en el embalse de la presa La Angostura
- La especie que se encuentra en la lista de UICN fue *Charadrius nivosus* como casi amenazada (NT)
- Las especies que se encuentra en la lista de NOM-059 *Charadrius nivosus* y *Pelecanus occidentalis* en la categoría Amenazada; y en la categoría de Protección especial (Pr) se encuentra *Mycteria americana* y *Ardea herodias*.



## **X. RECOMENDACIONES**

- Dar seguimiento al proyecto con todos los meses del año, para complementar el inventario ornitológico.
- Concentrar esfuerzos de conservación y manejo de las poblaciones de aves acuáticas y sus hábitats, principalmente de las poblaciones residentes, ya que hay contaminación en el embalse de la presa La Angostura.
- Es preferente implementar programas de educación ambiental, dirigidos a todos los niveles de habitantes de esta población, sobre la importancia del embalse de la presa La Angostura y los problemas que enfrentan los organismos acuáticos, especialmente las aves.

## XI. REFERENCIAS DOCUMENTALES

- Acevedo Gómez, S., Baquero Castellanos, C., Gaviria, M., Posada, N. E., Mora Monroy, G., Téllez Bejarano, L. S. y Wills, C. 1998. Enciclopedia temática internacional: Biología. Editorial Norma, S.A. Colombia.
- Acosta, V., Araujo, P. e Iturre, M. 2006. Caracteres estructurales de las masas. <http://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-22-Caracteres-estructurales-ACOSTA.pdf>. Consultado el 11 de junio de 2019.
- Alcalde Lorenzo, A., Molina Villarino, B., Palomino Docampo, F., Nantón, D., Docampo, F., Domínguez, J., Palacios Alberti, J., Mouriño Lourido, J., Vidal, M. y Rodríguez Alonso, M. 2009. Aves acuáticas reproductoras en España: población en 2007 y método de censo. SEO/BirdLife. Madrid.
- Álvarez del Toro, M. 1980. Las aves de Chiapas. 2ª edición. Universidad Autónoma de Chiapas. México.
- Amparan Salido, R. T. 2000. Diversidad de la comunidad de aves acuáticas y caracterización de sus hábitats en la laguna de Zapotlán, Jalisco, México. Tesis para obtener el título de Maestro en Ciencias. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolás de los Garza, Nuevo León. México.
- Arizmendi, M. C. 2001. Multiple ecological interactions: nectar robbers and hummingbirds in a highland forest in Mexico. *Canadian Journal of Zoology*. 79: 997-1006.
- Arizmendi, M. C. y Martínez, I. 2012. Guía de aves comunes de la región de la cañada, Oaxaca, México. [http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/HQ008\\_Anexo\\_2.pdf](http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/HQ008_Anexo_2.pdf). Consultado el 18 de agosto de 2018.
- Arteaga-Ramírez, R., Vázquez-Peña, M. A., Coras-Merino, P. M. y Ángeles-Montiel, V. 2006. Componentes de la estación de crecimiento, variación temporal y espacial en Chapingo, México. *Ingeniería hidráulica en México*. 21 (2): 57-68.

- Asociación Mexicana Pro Conservación de la Naturaleza (PRONATURA) 2011. Sierra madre de Chiapas. <http://www.pronatura-sur.org/web/p.php?id=2&ids=25>. Consultado el 18 de agosto de 2018.
- Ayala-Pérez, V., Arce, N. y Carmona, R. 2013. Distribución espacio-temporal de aves acuáticas invernantes en la ciénega de Tláhuac, planicie lacustre de Chalco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 84: 327-337.
- Baev, P. V. y Penev, L. D. 1995. BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis. Versión 5.1. Pensoft, SofiaMoscow, 57 pp.
- Barrera, O. 2015. San Bartolo y Cuxtepeques: lengua, tierra y población en la Depresión Central de Chiapas. *TRACE, CEMCA*. 69: 9-33.
- Berlanga, H. 2012. ¿Por qué ver aves?. [https://www.biodiversidad.gob.mx/Difusion/pdf/2aSemanaDB/porqueVerAves\\_web.pdf](https://www.biodiversidad.gob.mx/Difusion/pdf/2aSemanaDB/porqueVerAves_web.pdf). Consultado el 18 de agosto de 2018.
- Berlanga, H., Gómez de Silva, H., Vargas-Canales, V. M., Rodríguez-Contreras, V., Sánchez-González, L. A., Ortega-Álvarez y Calderón-Parra, R. 2019. Aves de México: Lista actualizada de especies y nombres comunes. CONABIO. México D.F.
- Berlanga-Robles, C.A., Ruiz-Luna, A. y Lanza, G. 2008. Esquema de clasificación de los humedales de México. *Investigaciones geográficas*, (66), 25-46.
- Breedlove, D. E. 1981. Part I: Introduction of flora of Chiapas. Academy of Science Press. San Francisco, California. USA.
- Cano Barbacil, C. y Cano Sánchez, J. 2017. Efectos del cambio climático sobre las aves. <https://aemetblog.es/2017/02/24/efectos-del-cambio-climatico-sobre-las-aves/>. Consultado el 09 de septiembre de 2018.
- Castillo-Guerrero, J. A. y Carmona, R. 2001. Distribución de aves acuáticas y rapaces en un embalse dulceacuícola artificial de Baja California Sur, México. *Revista de Biología Tropical*. 49 (3-4): 1131-1142.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2008. Infraestructura hidráulica: grandes presas de México. Central hidroeléctrica Ing. Manuel Moreno Torres (presa chicoasén).

<http://www.skyscrapercity.com/showpost.php?p=24831864&postcount=3>.

Consultado el 07 de mayo de 2018.

Cuesta Mero, D. G. 2017. Abundancia y diversidad de la avifauna migratoria boreal presente en la playa de tarqui. Ingeniería en Recursos Naturales y Ambientales. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Manabí, Ecuador.

Diéguez-Uribeondo, J. y García-Valdecasas, A. 2011. ¿Qué queremos decir cuando hablamos de biodiversidad? En: Diéguez Uribeondo, J. (Eds.). Biodiversidad: el mosaico de la vida. Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). España. Pp. 20-28.

Echevarría, A. L. y Chani, J. M. 2000. Estructura de la comunidad de aves acuáticas del Embalse El Cadillal, Tucumán, Argentina. *Acta zoológica lillona*. 45 (2): 219-232.

ECOBIOESFERA EL TRINFO. 2013. Monitoreo de especies de aves acuáticas y terrestres en el Parque Nacional Cañón del Sumidero. [http://www.conanp.gob.mx/rendicion\\_cuentas/pdf/ESTUDIOS%202010/ECOBIOESFERA.pdf](http://www.conanp.gob.mx/rendicion_cuentas/pdf/ESTUDIOS%202010/ECOBIOESFERA.pdf). Consultado el 25 de febrero de 2018.

Ecofronteras. 2017. Apuertasabiertas: Piratas en vuelo en la isla de los pájaros. *ECOSUR*. 21(61): 22-25.

Escalante, P., Navarro, A. y Peterson, T. 1998. Un análisis geográfico, ecológico e histórico de la diversidad de aves terrestres de México. En: Diversidad biológica de México, Ramamorthy T. P., Bye, R., Lot, A. y Fa, J. (Eds.). UNAM. México. Pp. 279-304.

Espinosa-Pérez, H. 2013. Biodiversidad de peces en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85: 450-459.

- Farmer, A.H., y Parent, A.H. 1997. Effects of the landscape on shorebird movements at spring migration stopovers. *The Condor*. 99: 698-707.
- Feinsinger, P. 2003. El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad. Ediciones FAN. Santa Cruz-Bolivia. 242 pp.
- Flores, O. y Gérez, P. 1994. Biodiversidad y conservación en México. Vertebrados, vegetación y uso del suelo. 2ª edición. Ediciones Técnicos Científicos. México.
- Flores-Villela, O. y Canseco-Márquez, L. 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.). 20 (2): 115-144.
- Folgueiras, P. 2016. La entrevista. <http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/99003/1/entrevista%20pf.pdf>. Consultado el 11 de junio de 2019.
- Galindo, D. 2015. Ecología poblacional de ñ chorlo nevado, *Charadrius nivosus*, en el noroeste de baja california, México. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, Baja California, México.
- Gatto, A., Quintana, F., Yorio, P. y Lisnizer, N. 2005. Abundancia y diversidad de aves acuáticas en un humedal marino de golfo san Jorge, Argentina. *Hornero*. 20 (2): 141-152.
- Germain, P. y Ruiz Bruce, M. 2016. Aves de las lagunas costeras de Oaxaca, México: guía fotográfica de aves acuáticas y rapaces. CONABIO. Ciudad de México. México.
- Gómez Hernández, A. 2012. Determinación de los cambios del patrón de lluvias debido a la presencia de embalses: estudio del sistema Grijalva. Tesis para obtener el título de Maestro en Ingeniería. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. México.
- González, A. H., Llanes, S. A., Sánchez, O. B., Rodríguez, B. D., Pérez, M. E., Blanco, R. P., Oviedo, P. R. y Pérez, H. A. 1999. Estado de las comunidades de aves residentes y migratorias en ecosistemas cubanos en relación con el impacto provocado por los cambios globales. Instituto de Ecología y Sistemática. Cuba.

- González-García, F. 2014. Métodos para contar aves terrestres. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/717/cap4.pdf>. Consultado el 01 de marzo de 2018.
- Hernández-Vázquez, S. 2005. Aves estuarinas de la costa de Jalisco, México: Análisis de la comunidad, reproducción e identificación de áreas de importancia para la Conservación de las aves. Tesis de doctorado. Instituto Politécnico Nacional. Baja California Sur, México.
- Hernández-Vázquez, S., Iñigo-Elias, E., Hinojosa, Á., Durand, B., Rojo-Vázquez, J.A. y Valadez, C. 2011. Abundancia y reproducción del pelícano pardo (*Pelecanus Occidentalis*) en dos pequeñas bahías del pacífico central, México. *Acta Zoológica Mexicana (s.n.)*. 27 (2): 257-271.
- Herrero, N. 2015. Morfometría del Cormorán Neotropical (*Phalacrocorax brasilianus*) en El Salvador. *Zeledonia*. 19 (2): 96-100.
- Herrero Calva, A., Aja Aja, J. J. y Balbás Gutiérrez, R. (s. d.). Aves acuáticas en el embalse del Ebro. *Locustella*: 49-57.
- Hickman, L., Larson, A., Larissa, N. y Harluoto, A. 2006. Principios integrales de zoología. 7ª edición. McGraw Hill Interamericana. Madrid, España.
- Huston, M. A. 1994. Biological diversity: the coexistence of species on changing landscapes. Cambridge University Press. Reino Unido.
- Instituto Geográfico Nacional. 2009. Leptosol. [https://www.ign.es/espmmap/figuras\\_bio\\_bach/pdf/bio\\_fig\\_09\\_texto.pdf](https://www.ign.es/espmmap/figuras_bio_bach/pdf/bio_fig_09_texto.pdf). Consultado el 29 de febrero de 2018.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2008. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos La Concordia, Chiapas. [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/07/07020.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/07/07020.pdf). Consultado el 01 de marzo de 2018.

- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). 2004. Sistema Nacional de Información Municipal México. <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM07chiapas/municipios/07020a.html>. Consultado el 29 de febrero de 2018.
- Íñiguez-Covarrubias, M., Ojeda-Bustamante, W., Díaz-Delgado, C. y Sifuentes-Ibarra, E. 2014. Análisis de cuatro variables del período de lluvias asociadas al cultivo maíz de temporal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 5 (1): 101-114.
- IUCN. 2021. The IUCN red list of threatened species. <https://www.iucnredlist.org/es/>. Consultado el 31 de mayo de 2022.
- Jandel corp. 1995. *SigmaStat for Windows*. Version 2.0. Software Package for Statistical Analysis. San Rafael, CA: Jandel Corp.
- Jiménez Gutiérrez, S. V. 1999. Abundancia y estructura comunitaria de peces de arrecife rocoso en la zona de isla Cerralvo, B.C.S., México. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, Baja California Sur. México.
- Juana, E. y García, A. M. 2005. Fluctuaciones relacionadas con la precipitación en la riqueza y abundancia de aves de medios esteparios mediterráneos. *Ardeola*. 52 (1): 53-66.
- Karr, J. 1990. Birds of tropical rainforest: comparative biogeography and ecology. En: Keast, A. (Eds.). *Biogeography and ecology of ecology*. The Netherlands. Pp. 215-228.
- Kaufman, K. 2005. Guía de campo a las aves de Norteamérica. Hillstar Edition L. C. Singapur.
- Keddy, P. A. 2000. *Wetland Ecology. Principles and Conservation*. Cambridge University Press. United Kingdom.
- Lara, O. 2009. Determinación de índices de diversidad florística arbórea en las parcelas permanentes de muestreo del Valle de Sacta. Título de Técnico Superior Forestal. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia

- Licona Vera, Y. 2011. Patrones de distribución y abundancia de la avifauna presente en la cuenca media del río Grijalva, Chiapas, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México.
- Luengo Ugidos, M. A., Ceballos Barbancho, A., Martínez Fernández, J. y Yuste Yuste, C. 2000. Las rachas secas en el sector central de la cuenca del Duero. *Investigaciones geográficas*. 27: 65-82.
- Mágico Chiapas. 2009. Viaje en lancha a la antigua Concordia. <http://ecoturismofronterizo.blogspot.com/2009/04/viaje-en-lancha-la-antigua-concordia.html>. Consultado el 25 de octubre de 2018.
- Magurran, A. 1988. Ecological diversity and its measurements. Princeton University Press. New Jersey. USA.
- Magurran, A. 1991. Diversidad ecológica y su medición. Edición Vedral. Barcelona, España.
- Margalef, R. 1969. El ecosistema pelágico del Mar Caribe. Memoria Fund. La Salle Ciencia, Natural. <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726221621001&script=scarttext>. Consultado el 16 de mayo 2018.
- Medellín, R.A., Abreu-Grobois, A., Arizmendi, M.C., Mellink, E., Ruelas, E., Santana, E. y Urbán, J. 2009. Conservación de especies migratorias y poblaciones transfronterizas. Capital natural de México, vol: II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México. Pp. 459-515.
- Mera-Ortiz, G., Ruiz-Campos, G., Gómez-González, A. E. y Velázquez-Velázquez, E. 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.
- Merino García, P. A. 2013. Diversidad de aves asociadas a los humedales de montaña en San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de



Ciencias Biológicas. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México.

Miranda, F. 1998. La vegetación de Chiapas. 3ª Edición. Consejo Estatal para la Cultura y las Artes–Gobierno del Estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México.

Morales-Pérez, J. 2000. Aportes para la actualización del conocimiento de la avifauna de Chiapas con énfasis en cinco Áreas Naturales Protegidas. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.

Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T – Manuales y Tesis SEA, vol. 1. España.

Mostacedo, B. y Fredericksen. T. S. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia.

Mugica. L., Martín, D., Jiménez, A. y Rodríguez, A. 2006. Aves acuáticas en los humedales de Cuba. Editorial Científico-Técnica. La Habana, Cuba.

Myers, J. P, Morrison, R. I.G., Antas, P.Z., Harrington, B.A., Lovejoy, T.E., Sallaberry, M., Senner, S.E. y Tarak, A. 1987. Conservation strategy for migratory species. *Am. Scient.* 75: 18-26.

Navarro, A. y Benítez, H. 2001. La ciencia para todos. [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/138/htm/sec\\_7.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/138/htm/sec_7.htm). Consultado el 19 de agosto de 2019.

Navarro, A. y Benítez, H. 2002. El dominio del aire. [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/138/htm/sec\\_9.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/138/htm/sec_9.htm). Consultado el 08 de febrero de 2020.

Navarro-Sigüenza, A. G., Ortíz-Pulido, R. y Peterson, A. T. 2008. Un panorama breve de la historia de la ornitología mexicana. *Ornitología Neotropical*. 19 (Suppl.): 367-379.

- Navarro-Sigüenza, A. G., Rebón-Gallardo, M. F., Gordillo-Martínez, A., Townsend, A., Berlanga-García, H. y Sánchez-González, L. A. 2014. Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85: 476-495.
- Ortega-Álvarez, R., Sánchez-González, L. A. y Berlanga, H. 2015. Plumas de multitudes, integración comunitaria en el estudio y monitoreo de aves de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
- Ortiz-Pulido, R. 2018. ¿Qué especies de aves están en riesgo en México?. *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología*.19(2): 237-272.
- Parra-Olea, G., Flores-Villela, O. y Mendoza-Almeralla, C. 2012. Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.85: 460-466.
- Peet, R. K. 1974. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 5: 285-307.
- Pérez, S. H., Hernández, F. R., Pérez, A. y Cué, M. 2016. Diversidad y abundancia de ensamblajes de aves asociadas a bosques semidecíduos y pino encino del parque nacional viñales. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*. 3 (1): 1-23.
- Pineda-Diez, E., Velázquez, E. y Mera-Ortiz, G. 2020. Riqueza y composición de la avifauna de tres humedales del río Grijalva, Chiapas, México. *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología*.21(2): e-575.
- Pineda López. R. 2008. Diversidad y conservación de aves acuáticas en una zona semiárida del centro de México. Tesis de Doctorado. Centro Iberoamericano de la Biodiversidad-CIBIO. Universidad de Alicante, Alicante.España.
- Pineda-López, R., Arellano-Sanaphre, A. y Vega-Aguirre, C. 2013. Registros nuevos y notables de aves acuáticas en Querétaro y estados adyacentes. *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología*. 14 (1): 1-6.
- Procuraduría federal de protección al ambiente (PROFEPA). 2016. Norma oficial mexicana Nom-059-semarnat-2010. <https://www.gob.mx/profepa/documentos/norma-oficial-mexicana-nom-059-semarnat->

2010#:~:text=Esta%20Norma%20Oficial%20Mexicana%20tiene,riesgo%20para%20las%20especies%20o. Consultado el 31 de mayo de 2022.

Programas de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 2005. Diversidad biológica. <http://parlatino.org/pdf/temas-especiales/pnuma/diversidad-biologica.pdf>. Consultado el 25 de agosto de 2018.

Protección civil. 2016. Temporada de estiaje. [http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/swbcalendario\\_ElementoSeccion/722/RECOM...\\_TEMP.\\_DE\\_ESTIAJE.PDF](http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/swbcalendario_ElementoSeccion/722/RECOM..._TEMP._DE_ESTIAJE.PDF). Consultado el 04 de mayo de 2019.

Ramírez Mota, G. M. 2008. Diversidad avifaunística del parque nacional cañón del sumidero, Chiapas, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México.

Ramírez-Pulido, J., Arroyo-Cabrales, J. y Castro-Campillo, A. 2005. Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana* 21: 21-82.

Ramírez-Urrea, L. M., Arbelaéz-Cortés, E., Marín-Gómez, O. H. y Duque-Montoya, D. 2014. Patrones de la composición de aves acuáticas en el río La Vieja, valle geográfico del río Cauca, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*. 19 (2): 155-166.

Rangel, J. 1990. Abundancia y diversidad en una comunidad de aves en la Reserva de la Biosfera Montes Azules, Selva Lacandona, Chiapas, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Rangel-Salazar, J. L., Enríquez, P., Altamirano, M. A., Macías, C., Castillejos, E., González, P., Martínez, J. A. y Vidal, R. M. 2013. *Diversidad de aves: un análisis espacial*. pp. 329-337. En: La biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Gobierno del Estado de Chiapas.

- Rappole, J. H., Morton, E. S., Lovejoy, T.E. y Ruos, J. L. 1993. Aves migratorias Neárticas en los Neotrópicos. Conservation and research center, national park, Smithsonian Institution. U.S.A.
- Resendiz Cruz, J. A. 2011. Evaluación de la calidad del agua en lagos y embalses. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México. México.
- Ríocauto. 2019. Aves Acuáticas: Un proyecto para proteger y conservar el futuro. <https://www.riocauto.gob.cu/sector-estatal-noticias/flora-y-fauna/550-proyectos-para-proteger-y-conservar-para-el-futuro-aves-acuaticas>. Consultado el 11 de noviembre de 2021.
- Rodríguez Wallenius, C. A. 2012. Cuatro heridas sobre el río Grijalva. <http://www.jornada.com.mx/2012/06/23/cam-heridas.html>. Consultado el 04 de septiembre de 2018.
- Ruiz-Álvarez, O., Arteaga-Ramírez, R., Vázquez-Peña, M. A., Ontiveros-Capurata, R. E. y López-López, R. 2012. Inicio de la estación de crecimiento y periodos secos en Tabasco, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*. 3 (2): 85-102.
- Sabat, P. 2000. Aves en ambientes marinos y salinos: viviendo en hábitats secos. *Revista Chilena de Historia Natural*. 73: 401-410.
- Sánchez, A. 2005. Plantas medicinales de la cabecera Municipal de La Concordia, Chiapas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México.
- Secretaria del Desarrollo Social (SEDESOL). 2011. Atlas de riesgos naturales del municipio de La Concordia 2011. [http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/PDFMunicipales/2011/vr\\_07020\\_AR\\_LA\\_CONCORDIA.pdf](http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/PDFMunicipales/2011/vr_07020_AR_LA_CONCORDIA.pdf). Consultado el 29 de febrero de 2018.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. s.d. Biodiversidad: El medio ambiente en México.

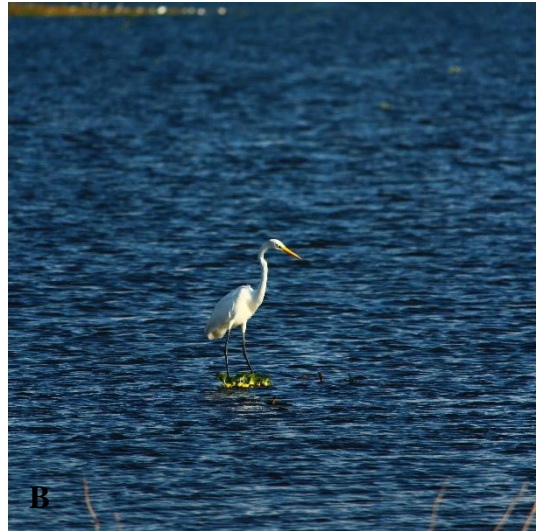
[https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe\\_resumen14/04\\_biodiversidad/4\\_1.html](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/04_biodiversidad/4_1.html). Consultado el 11 de julio de 2021.

- Şekercioğlu, C. H., Daily, G. C. and Ehrlich, P. R. 2004. Ecosystem consequences of bird declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*. 101 (52): 18042- 18047.
- Serrano-Davies, E. y Pérez-Granados, C. 2015. Las aves acuáticas invernantes en los embalses de Madrid. *Anuario Ornitológico de Madrid*. Vol. 6: 99-116.
- Sobrino Galdámez, I. 2006. Avifauna de la línea de subtransmisión eléctrica Tenosique-Lacanja, en el sureste de México. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México.
- Sociedad Anónima Industrias Celulosa Aragonesa (SAICA-Ebro). 2008. Embalses de control del estado de las masas de agua. [http://195.55.247.234/webcalidad/cemas/informes/2008\\_cemas/04\\_CAPITULO%2004.pdf](http://195.55.247.234/webcalidad/cemas/informes/2008_cemas/04_CAPITULO%2004.pdf). Consultado el 25 de febrero de 2018.
- Sonco Suri, R. 2013. Estudio de la diversidad alfa ( $\alpha$ ) y beta ( $\beta$ ) en tres localidades de un bosque montano en la región de Madidi, La Paz, Bolivia. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza(UICN). 2012. Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1. Segunda edición. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido: UICN. vi + 34pp. Originalmente publicado como IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Second edition. (Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN, 2012).
- Van der Valk, A. G. 2012. The biology of freshwater wetlands. 2ª Edition. Oxford University Press. New York. USA.
- Villareal, J. 2010. Uso de hábitat diferencial de aves playeras migratorias (Charadriiformes) en la costa oeste de la península de Nicoya, Costa Rica. *Zeledonia*. 14:1.

- Villaseñor, J. y Santana, C. 2003. El monitoreo de las poblaciones: herramienta necesaria para la conservación de aves en México. En: Gómez, H. y A. Oliveras (Eds.). Conservación de aves, experiencias en México. CONABIO y CIPAMEX. México. Pp. 224-262.
- Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*. 21 (2/3): 213-251.
- Wunderle, J.M., Jr. 1994. Métodos para contar aves terrestres del Caribe. General Technical Report SO-100. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana.
- Weller, M. W. 2004. Wetland Birds: Habitat Resources and Conservation implications. Cambridge, University Press. United Kingdom.
- Ysebaert, T., P.L. Meininger, P. Meire, K. Devos, C.M. Berrevoets, R.C.W. Strucker y E. Kuijken. 2000. Waterbirds communities along the estuarine salinity gradient of the Schelde estuary, nw-Europe. *Biodiversity and Conservation*.9:1275-1296.
- Zamora-Orozco, E. M., Carmona, R. y Brabata, G. Distribución de aves acuáticas en las lagunas de oxidación de la ciudad de la Paz, Baja California Sur, México. *Revista Biología Tropical*. 55 (2): 617-626.

## ANEXO 1.

Aves acuáticas asociada al embalse de la presa La Angostura: A) *Actitis macularius*. B) *Ardea alba*. C) *Ardea herodias*. D) *Burhinus bistriatus*. E) *Butorides virescens*. F) *Calidris minutilla*. G) *Charadrius collaris*. H) *Charadrius vociferus*. I) *Dendrocygna autumnalis*. J) *Egretta thula*. K) *Egretta tricolor*. L) *Eudocimus albus*. M) *Fulica americana*. N) *Himnatopus mexicanus*. Ñ) *Jacana spinosa*. O) *Leucophaeus atricilla*. P) *Mycteria americana*. Q) *Nycticorax nycticorax*. R) *Pelecanus erythrorhynchos*. S) *Pelecanus occidentalis*. T) *Phalacrocorax brasilianus*. U) *Platalea ajaja*. V) *Porphyrio martinicus*. W) *Tachybaptus dominicus*.

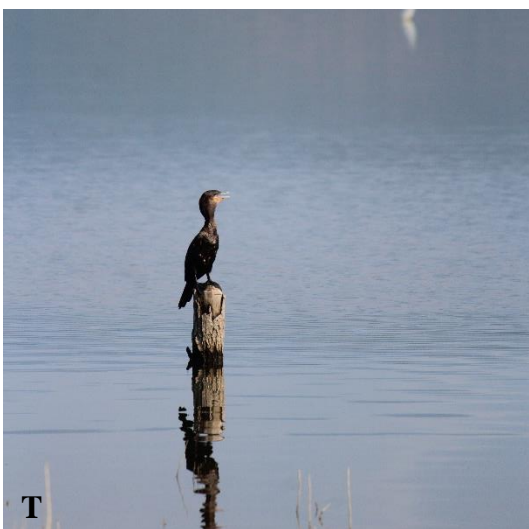
















V



W