



# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

---

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS  
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

## CAMPUS SAN LUIS POTOSÍ

POSGRADO DE  
INNOVACIÓN EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

### **RIQUEZA, DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE AVES Y SU RELACIÓN CON LA ESTACIONALIDAD Y FENOLOGÍA EN UN BOSQUE TEMPLADO CON DOS CONDICIONES DE PERTURBACIÓN**

**YESSENIA CRUZ MIRANDA**

**T E S I S**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRÍA EN CIENCIAS**

Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México  
Mayo, 2021

---



# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

## CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el (la) que suscribe Yessenia Cruz Meranda, alumno(a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del (la) Profesor(a) Dr. Luis Antonio Tarango Arámbula, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis Riqueza, diversidad y abundancia de aves y su relación con la estacionalidad y fenología en un bosque templado con dos condiciones de perturbación de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El (la) Consejero (a) o Director (a) de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, a 10 de junio de 2021.

Firma

Dr. Luis A. Tarango Arámbula  
Vo. Bo. Profesor(a) Consejero(a) o Director(a) de Tesis

La presente tesis, titulada: **Riqueza, diversidad y abundancia de aves y su relación con la estacionalidad y fenología en un bosque templado con dos condiciones de perturbación**, realizada por la alumna **Yessenia Cruz Miranda**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada y aceptada por el mismo como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRÍA EN CIENCIAS  
INNOVACIÓN EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES**

CONSEJO PARTICULAR

**CONSEJERO:  
(DIRECTOR DE TESIS)**



---

Dr. Luis Antonio Tarango Arámbula

**CODIRECTOR DE TESIS:**



---

Dr. Jonathan Gabriel Escobar Flores

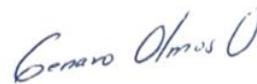
**ASESOR:**



---

Dr. Leonardo Chapa Vargas

**ASESOR:**



---

Dr. Genaro Olmos Oropeza

Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí

Mayo, 2021

# RIQUEZA, DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE AVES Y SU RELACIÓN CON LA ESTACIONALIDAD Y FENOLOGÍA EN UN BOSQUE TEMPLADO CON DOS CONDICIONES DE PERTURBACIÓN

Yessenia Cruz Miranda, MC

Colegio de Postgraduados, 2021

## RESUMEN

Los bosques templados albergan especies diversas de aves, las cuales son consideradas como indicadores biológicos del estado de conservación o perturbación de los ecosistemas. Estas especies se encuentran bajo presiones antropogénicas que junto con fenómenos fenológicos y estacionales han alterado sus poblaciones; siendo importante conocer el estado en que se encuentra la estructura de las mismas. Por ello, los objetivos de esta investigación fueron estimar la riqueza, diversidad y abundancia de aves e inferir el efecto de las variables fenología (migración-no migración), estacional (lluvias-estiaje), sexo y condición del bosque sobre las abundancias de aves en un bosque templado de pino-encino con dos condiciones de perturbación aparente en su fisonomía: Semiconservado vs Perturbado. La presente investigación se realizó en un bosque templado del Monte Tlaloc, en el Estado de México, bajo dos condiciones de perturbación aparente semiconservado y perturbado. El monitoreo de aves se realizó en un periodo de 10 meses, mediante el esquema de "recuento en punto" con radio fijo de 25 m, en 11 unidades seleccionadas para cada condición, abarcando las 4 estaciones del año con periodos migratorios. De cada ave se registró: especie, sexo, fenología (migratoria o residente), estacionalidad (lluvias o estiaje) y estatus de riesgo con base a la NOM-059 y la UICN. Para estimar la riqueza se utilizó Jackknife de Primer Orden, la abundancia con el índice de abundancia relativa, la diversidad mediante Shannon-Wiener y la similitud con el índice de Jaccard, dichos índices se analizaron en el software EstimateS 9.1.0. Para inferir el efecto de las variables fenología (migración-no migración), estacional (lluvias-estiaje), sexo y condición del bosque sobre las abundancias de aves (residentes-migratorias), se elaboró una matriz de escenarios que se analizó mediante modelos lineales generalizados en el software R Statistics. Se registraron 54 especies de aves en el bosque de pino-encino semiconservado (BPES) y 59 especies en bosque de pino-encino perturbado (BPEP). El índice de riqueza y el de diversidad más altos se presentaron en BPES con un 95% y 3.21, respectivamente. El Índice de Abundancia Relativa (IAR) de las aves registradas en BPES sugiere que la especie con mayor presencia en la zona fue *Empidonax* sp. (0.13) y en BPEP *Ptiliogonys cinereus* (0.23); el índice de riqueza y el de diversidad más altos se presentaron en BPES con un 95% y 3.21, respectivamente. El estimador promedio de Jaccard para el total de las especies registradas señala que fueron relativamente similares en un 26% en ambas zonas. El Modelo Lineal Generalizado sugirió que la condición del bosque está relacionada significativamente con la frecuencia de especies de aves. En la condición

semiconservada se obtuvo una mayor presencia de estas y a su vez se registró una mayor abundancia de hembras que de machos. El presente estudio permitió conocer como las comunidades de aves son afectadas por procesos antropogénicos y naturales (fenológicos-estacionales) y sobre la importancia del Monte Tláloc como albergue de aves residentes y migratorias, algunas de ellas en una situación de riesgo o endémica.

Palabras clave: Índices, modelo lineal generalizado, perturbado, semiconservado

# **RICHNESS, DIVERSITY AND ABUNDANCE OF BIRDS AND ITS RELATIONSHIP WITH SEASONALITY AND PHENOLOGY IN A TEMPERATE FOREST WITH TWO CONDITIONS OF DISTURBANCE**

**Yessenia Cruz Miranda, MC**

**Colegio de Postgraduados, 2021**

## **ABSTRACT**

Temperate forests are home to diverse species of birds, which are considered biological indicators of the state of conservation or disturbance of ecosystems. These species are under anthropogenic pressures that together with phenological and seasonal phenomena have altered their populations; being important to know the state of their structure. Therefore, the objectives of this research were to estimate the richness, diversity and abundance of birds and infer the effect of the variable's phenology (migration-non-migration), seasonal (rain-dry season), sex and forest condition on the abundances of birds in a temperate pine-oak forest with two conditions of apparent disturbance in its physiognomy: Semiconserved vs Disturbed. The present research was carried out in a temperate forest of Mount Tlaloc, in the State of Mexico, under two conditions of apparent disturbance semi-preserved and disturbed. The monitoring of birds was carried out in a period of 10 months, using the scheme of "count on point" with a fixed radius of 25 m, in 11 units selected for each condition, covering the 4 seasons of the year with migratory periods. For each bird, the following were recorded: species, sex, phenology (migratory or resident), seasonality (rain or low water) and risk status based on NOM-059 and the IUCN. To estimate richness the Jackknife (first order) was utilized, abundance with the relative abundance index, diversity by Shannon-Wiener and similarity with the Jaccard index were used. These indices were analyzed in the EstimateS 9.1.0 software. To infer the effect of the variable's phenology (migration-non-migration), seasonal (rain-dry season), sex and forest condition on the abundances of birds (resident-migratory), a matrix of scenarios was elaborated that was analyzed using General Linear Models in R Statistics software. 54 bird species were recorded in semi-preserved pine-oak forest (BPES) and 59 species in disturbed pine-oak forest (BPEP). The highest richness and diversity index were recorded in BPES with 95% and 3.21, respectively. The Relative Abundance Index (IAR) of the birds registered in BPES suggests that the species with the greatest presence in the area was *Empidonax* sp. (0.13) and in BPEP was *Ptiliogonys cinereus* (0.23); the highest richness and diversity index were presented in BPES with 95% and 3.21, respectively. Jaccard's average estimator for the total registered species indicates that they were relatively similar in 26% in both areas. The Generalized Linear Model suggested that the condition of the forest is significantly related to the frequency of bird species. In the semi-preserved condition, a greater presence of the birds was obtained and in turn a greater abundance of females was registered than of males. The present study allowed us to know how bird communities are affected by anthropogenic and natural processes (phenological-seasonal) as well as the importance of Mount Tlaloc as a home for resident and migratory birds and some of them are under a risk category or are endemic.

Keywords: Indices, generalized linear model, disturbed, semi-conserved

## **DEDICATORIA**

A mis padres Manuel Cruz Ruiz y María Pilar Miranda por todos los sacrificios y esfuerzos para poder brindarme la oportunidad de ser una profesionalista, por los valores que me inculcaron y amor incondicional.

A mi preciosa hija que ha sido la mayor motivación en mi vida, por sus sonrisas que me han levantado cada mañana, por su amor y el impulso para lograr mis sueños.

A Gabriel Muñoz Aguilar por ser un segundo padre para mí y brindarme su cariño, confianza y apoyo en cada uno de mis propósitos.

A mis amigos en especial a Alejandro Iván Romero Cazares por alegrar mis días con sus bromas, por sus regaños y palabras de aliento en días difíciles.

A mi amigo, pareja y compañero de vida Fernando Sánchez Villasana por enseñarme que el único límite es uno mismo, que todo es posible si se quiere y por llenarme de nuevas ilusiones.

## **NO TE RINDAS**

No te rindas, aún estás a tiempo  
de alcanzar y comenzar de nuevo,  
aceptar tus sombras,  
enterrar tus miedos,  
liberar el lastre,  
retomar el vuelo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Colegio de Posgraduados Campus San Luis Potosí por haberme aceptado para realizar mi maestría y darme nuevos conocimientos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por otorgarme una beca que me permitiera continuar con mi formación académica.

A cada uno de los miembros de mi Consejo Particular: Dr. Luis Antonio Tarango Arámbula, Dr. Jonathan Gabriel Escobar Flores, Dr. Leonardo Chapa Vargas y Dr. Genaro Olmos Oropeza, por su apoyo, paciencia y conocimientos aportados.

Al Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo, especialmente al Dr. Saúl Ugalde Lezama por su apoyo en mi trabajo de campo, por sus enseñanzas para realizar el mismo, por impulsarme a continuar con mi formación académica y sus conocimientos aportados en todo mi desarrollo profesional.

A mis compañeros y amigos que me ayudaron con mi trabajo de campo: Claudio Romero Díaz, Uriel Marcos Rivera, Arturo Morales García y Abril Pérez García.

## CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	3
2.1. Objetivo General .....	3
2.2. Objetivos Específicos.....	3
2.2.1. ....	3
2.2.2. ....	3
<b>3. HIPÓTESIS</b> .....	3
3.1. ....	3
3.2. ....	3
<b>4. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
4.1. Estacionalidad .....	4
4.2. Fenología.....	5
4.3. Migración .....	6
4.4. Nicho ecológico.....	6
4.5. Perturbación .....	7
<b>5. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	8
5.1. Área de estudio .....	8
5.1.1. Topografía .....	9
5.1.2. Edafología.....	9
5.1.3. Clima .....	10
5.1.4. Vegetación .....	10
5.1.5. Fauna.....	10
5.2. Diseño de muestreo.....	10
5.3. Selección de las dos condiciones de perturbación .....	12
5.4. Monitoreo de aves .....	12
5.7. Análisis estadísticos .....	12
5.7.1. Riqueza, diversidad y abundancia de las aves .....	12
5.7.2. Efecto de las variables fenología (migración-no migración), estacional (lluvias-estiaje), sexo y condición del bosque sobre las abundancias de aves .....	13
<b>6. RESULTADOS</b> .....	14
6.1. Riqueza de aves.....	17
6.2. Diversidad de aves .....	18

6.3. Similitud .....	19
6.4. Abundancia .....	20
6.5. Modelo Lineal Generalizado .....	21
<b>7. DISCUSIÓN</b> .....	<b>27</b>
<b>8. CONCLUSIONES</b> .....	<b>29</b>
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	<b>30</b>

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Variables de respuesta y niveles. ....	13
Cuadro 2. Interpretación de las abreviaturas para la información de las especies de aves observadas durante el estudio en el Monte Tláloc. ....	14
Cuadro 3. Lista de especies registradas durante el estudio en el Monte Tláloc y su estatus de riesgo. ....	15
Cuadro 4. Diversidad de especies, índice Shannon-Wiener registradas por muestreo para BPES, BPEP y en ambas condiciones, en el Monte Tláloc.....	18
Cuadro 5. Resultados de Jaccard para determinar similitudes en las especies de aves registradas en BPES, BPEP y en ambas condiciones de bosque en el Monte Tláloc. .	19
Cuadro 6. Modelo Lineal Generalizado para las dos condiciones de bosque semiconservado y perturbado, considerando todas las interacciones en función a la abundancia de las aves.....	25
Cuadro 7. Modelo Lineal Generalizado para las dos condiciones de bosque semiconservado y perturbado, considerando únicamente las variables que fueron significativas en función de la abundancia de las aves. ....	26

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localización del área de estudio, Monte Tláloc.....	9
Figura 2. Bosque de pino-encino semiconservado. ....	11
Figura 3. Bosque de pino-encino perturbado. ....	11
Figura 4. Acumulación de especies de aves registradas considerando las especies observadas vs estimadas en las dos condiciones de muestreo (BPES y BPEP) en el Monte Tláloc.....	18
Figura 5. Índice de Shannon-Wiener para la diversidad de aves registradas por muestreo en BPES, BPEP y en ambas condiciones en el Monte Tláloc.....	19
Figura 6. Índice de Abundancia Relativa de especies de aves en el Bosque de Pino-Encino Semiconservado del Monte Tláloc. ....	20
Figura 7. Índice de Abundancia Relativa de especies de aves en el Bosque de Pino-Encino Perturbado del Monte Tláloc. ....	21
Figura 8. Aves migratorias y residentes en un Bosque de Pino-Encino semiconservado (BPES) y Perturbado (BPEP) en el Monte Tláloc.....	22
Figura 9. Individuos de aves presentes en la época de lluvias y estiaje en Bosques de Pino-Encino Semiconservado (BPES) y Perturbado (BPEP) del Monte Tláloc.....	22
Figura 10. Individuos de aves por sexo presentes en el Bosque de Pino-Encino semiconservado (BPES) y Perturbado (BPEP) del Monte Tláloc.....	23
Figura 11. Número de individuos de aves presentes por condición de bosque en el Monte Tláloc.....	23

## 1. INTRODUCCIÓN

Los fenómenos como la estacionalidad y la fenología migratoria en aves han permitido comprender su dinámica poblacional en algunas regiones del mundo; sobre la cual, ciertos estudios (Fava *et al.*, 2017; García-Olaechea *et al.*, 2018) dan cuenta de que aproximadamente el 50% de la avifauna realiza movimientos migratorios (Cueto *et al.*, 2015), conviviendo con la avifauna residente sobre las rutas y corredores que atraviesan. Estas interacciones, causan fluctuaciones en la estructura de sus ensamblajes asociadas a su arribo, modificando las relaciones ecológicas intra e interespecíficas entre aves migratorias y residentes, debido al establecimiento de poblaciones residentes de invierno (Capllonch *et al.*, 2015; Gordo y Avilés, 2017). Sin embargo, su posible coexistencia parece ser regulada, entre otros factores, por la cantidad, calidad y disponibilidad de recursos en el hábitat, incluyendo aquellos vitales y/o limitantes en él (Shelford, 1913; Liebig, 1840; Odum, 2006). Aunado a ello, las modificaciones de origen antrópico en las condiciones ambientales-estructurales de la vegetación parecen influir espacio-temporalmente en su dinámica funcional (Mateo *et al.*, 2011; García-Quintas, 2015).

En México, la deforestación, pérdida-fragmentación de sus hábitats, cambio de uso de suelo e incendios, entre otros, han afectado progresivamente la fisonomía vegetal de los bosques, creando una amplia heterogeneidad de nichos ecológicos (Almazán-Núñez *et al.*, 2009); sin embargo, éstos dependerán del nivel de perturbación que reciba el ecosistema original y su tasa de resiliencia (Connell, 1978), lo cual puede resultar en fluctuaciones espacio-temporales o en interacciones ecológicas positivas, negativas o nulas; para especies generalistas, especialistas y flexibles, respectivamente, en la utilización del hábitat y; por ende en la diversidad biológica regional y local; particularmente de la avifauna (Díaz-Bohórquez *et al.*, 2014; López-Segoviano *et al.*, 2019).

Se han realizado estudios diversos sobre los procesos fenológicos migratorios y estacionales. Por ejemplo, Fava *et al.*, (2017) en Chacho Serrano Austral en Argentina, estudiaron el efecto de la estacionalidad en las aves de dicha región; García-Olaechea

*et al.*, (2018) investigaron el efecto fenológico en aves residentes de humedales costeros en Perú, encontrando que estas se ven influenciadas por el arribo de las especies migratorias. En México, López-Segoviano *et al.*, (2019) estimaron la diversidad estacional de comunidades avifaunísticas. Sin embargo, se requieren estudios específicos que involucren rutas y corredores migratorios importantes como es la Ruta Migratoria Central.

El Monte Tláloc en el estado de México se localiza sobre el Eje Neovolcánico Transversal (ENT). El ENT es considerado como uno de los centros de endemismos más importantes del país y como una región terrestre prioritaria (Bolaños *et al.*, 2017); la cual es importante estacional y fenológicamente para la avifauna en general y; en particular la migratoria, debido a que se distribuye sobre una de las principales rutas de migración en el Continente Americano, la Central; en donde presumiblemente sus ensamblajes convergen a diferentes escalas espacio-temporales en el uso del hábitat (Romero-Díaz *et al.*, 2018). El ENT alberga bosques templados de pino-encino importantes para diferentes especies y tipos de aves debido a su amplio mosaico de condiciones en los componentes alimento, agua, protección y espacio. Este mosaico de heterogeneidad en su fisonomía vegetal y condiciones ecológicas, es el resultado de eventos intrínsecos y extrínsecos al sistema; tales como la tala clandestina, explotación de recursos forestales no maderables, sobrepastoreo, incendios forestales, entre otros, mismos que han colocado a algunas de las aves en alguna categoría de riesgo como *Dryobates stricklandi* y *Turdus infuscatus* (SEMARNAT, 2010; Carrillo *et al.*, 2014; UICN, 2019). En el Monte Tláloc, las aves parecen jugar un papel ecológico preponderante como controladores biológicos, dispersores de semillas; por ello, resulta relevante evaluar fenológica (migración-no migración) y estacionalmente (lluvias-estiaje) el uso de hábitat por aves (residentes-migratorias): Semiconservado vs Perturbado. Esta información es esencial para diseñar estrategias de conservación (Cortés-Ramírez *et al.*, 2012; López-Segoviano *et al.*, 2019) de las aves en el centro de México.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

Estimar índices biológicos de comunidades avifaunísticas en un bosque templado con dos condiciones de perturbación.

### **2.2. Objetivos Específicos**

**2.2.1.** Estimar la riqueza, diversidad y abundancia de aves (residentes-migratorias) en un bosque templado de pino-encino con dos condiciones de perturbación aparente en su fisonomía: Semiconservado vs Perturbado.

**2.2.2.** Inferir el efecto de las variables fenología (migración-no migración), estacional (lluvias-estiaje), sexo y condición del bosque sobre las abundancias de aves (residentes-migratorias) en un bosque templado de pino-encino con dos condiciones de perturbación aparente en su fisonomía: Semiconservado vs Perturbado.

## **3. HIPÓTESIS**

**3.1.** La riqueza, diversidad y abundancia de aves no es afectada por la condición del bosque.

**3.2.** La abundancia de las aves no es afectada por las variables fenología (migración-no migración), estacional (lluvias-estiaje), sexo y condición del bosque.

## 4. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1. Estacionalidad

El término estacionalidad se refiere a la relación entre las estaciones y los procesos que ocurren en cada una de ellas. Este fenómeno es causado debido a que el eje de la tierra está inclinado respecto al plano de la órbita que el planeta recorre alrededor del sol de manera cíclica e invertida entre un hemisferio (Díaz y Exactas, 1999) causando que sus rayos se reciban de diferentes maneras dependiendo de la región del planeta (Auría, 2012). Esta inclinación da pauta a las estaciones; las cuales consisten en segmentos del tiempo en los que se divide el año. Estos segmentos de tiempo son las estaciones de primavera, verano, otoño e invierno, cada una de ellas con elementos específicos y constantes de temperatura, precipitación y humedad, entre otros (Ríos y Luján, 2015).

La estacionalidad y su influencia sobre la avifauna es un fenómeno que se ha investigado desde hace muchas décadas. Por ejemplo, Sánchez (1991) estudió la influencia de la estacionalidad sobre los patrones de distribución en las comunidades de aves en la Sierra de Gredos, España, específicamente en las estaciones de primavera e invierno. En Venezuela, en el Parque Nacional Henri Pittier, se compararon dos tipos de bosque con características similares e impactados por el hombre para analizar sus estructuras avifaunísticas por estación del año (Verea *et al.*, 2000). En el Parque General San Martín ubicado en Mendoza, Argentina, que contiene diversos paisajes, se estudiaron los cambios en la composición y abundancia de especies de aves por estación del año (Gómez, 2006). Ramírez-Albores (2008) evaluó mediante los índices de abundancia, riqueza y diversidad, la composición de las comunidades de aves, incluyendo la estacionalidad de las especies de acuerdo con las categorías propuestas por Howell y Webb (1995). Asimismo, a lo largo de un gradiente urbano en la Selva Pedemontana de las Yungas, Argentina se evaluó la diversidad de aves entre las estaciones del año mediante el índice de Shannon (Juri y Chani, 2009). En la última década se han realizado estudios sobre la influencia estacional en especies específicas como el que aportaron Casillas *et al.*, (2011) para el Colorín Pecho Naranja (*Passerina*

*leclancherii*), ave endémica de México para la cual se relacionó su abundancia con los patrones estacionales, este estudio se desarrolló en hábitats de bosques ribereños del sureste del estado de Jalisco, México.

## 4.2. Fenología

La fenología es una rama de la ecología. Este concepto se utilizó por primera vez por Charles Morren en 1853 (Hopp, 1974), en donde los eventos biológicos cíclicos se estudian en base a la temporalidad o bien a los factores climáticos (Williams-Linera y Meave, 2002). El término fenología se deriva del griego "phaino" (aparecer o mostrar) y "logos" (estudio o tratado) (Theriault *et al.*, 1985).

La fenología migratoria por lo tanto se refiere a cómo influyen los factores climáticos o ambientales en los ciclos de desplazamientos persistentes o migración de las aves (Ocampo-Peñuela, 2010). La fenología es un fenómeno estudiado desde hace muchas décadas y al respecto se han realizado estudios diversos como el de la Amazonia Central, Brasil, en el cual se evaluaron los aspectos fenológicos de floración, fructificación y producción de hojas en ambientes forestales (Alencar *et al.*, 1979). Los inmersos en los aspectos agrícolas; por ejemplo, el realizado por Amador y Boschini (2000), quienes indagaron como la fenología productiva y nutricional influía en la producción de forraje, estudio realizado en la estación experimental "Alfredo Volio Mata" de la Universidad de Costa Rica. Los resultados de estas investigaciones marcaron la pauta para diseñar propuestas de manejo y conservación de las aves (Ochoa-Gaona *et al.*, 2008).

En general, en la gama faunística, se han conducido investigaciones que resaltan más en la fenología reproductiva como las observaciones para determinar la coexistencia entre el Águila Real (*Aquila chrysaetos*) y el Águila Perdicera (*Hieraaetus fasciatus*) (Jordano y Jordano, 1981) o algunos estudios más actuales sobre aspectos migratorios como el propuesto por Onrubia y Tellería (2013) sobre ecología migratoria del mosquitero ibérico (*Phylloscopus ibericus*).

### **4.3. Migración**

Se conoce como migración al movimiento o desplazamiento temporal o permanente de individuos o poblaciones desde su lugar de origen a otro sitio (Gzesh, 2008; Jáuregui-Díaz y Recaño-Valverde, 2014). Esta migración implica un cambio de residencia o hábitat dependiendo de si se trata de seres humanos o de fauna migratoria. Estos desplazamientos son afectados por factores diversos; por ejemplo, en la fauna silvestre, estos movimientos se afectan por sus ciclos de apareamiento, por falta de alimento o refugio en sus hábitats o por presiones antrópicas (Ocampo-Peñuela, 2010).

Algunas especies de aves se mueven de sus sitios nativos y migran a otros donde encuentren los recursos necesarios para su supervivencia y donde puedan establecer sus nichos ecológicos (Pineda-López *et al*, 2013). Otras especies migran por factores naturales como la reproducción. Estas aves migratorias, aunque son sensibles a la urbanización, suelen utilizar espacios urbanos como lugares de descanso (Stop over) (Juri y Chani, 2016) en donde satisfacen los requerimientos energéticos para alcanzar su destino final.

Los estudios sobre el proceso migratorio de las aves son diversos. Para ello, en los procesos de captura y recaptura, se utilizan anillos para su marcaje e identificación. Por ejemplo, Lentino (2016) evaluó la diversidad de aves migratorias con anillamiento en Paso de portachuelo, Venezuela. Además, se utilizan isótopos estables para determinar la conectividad migratoria en aves argentinas (Torres-Dowdall *et al.*, 2006).

### **4.4. Nicho ecológico**

Hutchinson (1957) formuló la primera definición del término nicho refiriéndose a las aptitudes que los organismos tomaban a causa de la influencia ambiental complementando este concepto al de los pioneros Grinnell (1917) y Elton (1927). Leibold y Geddes (2005) definen el nicho como “la relación entre una población de organismos y su medio ambiente”, en el cual los factores bióticos y abióticos interactúan con ellos en un hipervolumen multidimensional (Illoldi-Rangel y Escalante, 2008). Derivado de este concepto, se han formulado términos más específicos como nicho fundamental, nicho

fundamental existente, nicho realizado, entre otros; que han ayudado a comprender las dinámicas y adaptaciones ambientales de los organismos.

Se han realizado estudios diversos en torno a los nichos ecológicos que ocupan diferentes organismos, desde aquellos que involucran la selección del hábitat de micromamíferos en agroecosistemas (Muñoz-Pedrerros *et al.*, 1990), hasta los más recientes respecto a la selección de áreas productoras forestales y sus implicaciones en torno a nichos ecológicos de especies de pinos (Quiñones *et al.*, 2019).

Con respecto a la avifauna Almazán-Núñez *et al.* (2013) utilizaron un modelo de nicho ecológico para determinar las áreas de distribución potencial de aves en el estado de Querétaro, México; Pedrana *et al.* (2018) determinaron la superposición de nichos mediante modelos de adecuación de hábitat en la pampa argentina para aves nativas. Como estos estudios, existen otros que inmiscuyen el término de nicho ecológico y buscan la comprensión de su utilización.

#### **4.5. Perturbación**

El término perturbación se refiere al cambio abrupto de las características de un ecosistema o hábitat, estos cambios pueden darse tanto en los componentes bióticos como abióticos (Anthelme *et al.*, 2010). En el siglo XIX las perturbaciones se describían como eventos catastróficos y negativos en la naturaleza (White, 1979; Stephens, 1984) y que en ocasiones eran irreversibles. En la actualidad, se conoce que la perturbación en términos ecológicos puede tener efectos positivos debido a que se generan nuevos nichos para especies de aves generalistas y negativos para las especialistas que tienden a desplazarse a sitios donde llenan sus requerimientos. Connell (1978) en su hipótesis del disturbio intermedio; sugiere que algunas perturbaciones pueden provocar fluctuaciones espacio-temporales en la diversidad biológica local y regional. Por ello, algunas zonas perturbadas incrementan el establecimiento de interacciones ecológicas positivas y negativas, impactando al proceso de utilización del hábitat por las especies de aves generalistas y especialistas (Díaz-Bohórquez *et al.*, 2014).

México no es la excepción y los factores de perturbación como la deforestación, pérdida-fragmentación del hábitat, cambio de uso de suelo, incendios, entre otros, han afectado progresivamente la fisonomía vegetal, alterando los patrones estructurales del hábitat y sus principales componentes. Por ello, se forma una gama de nichos ecológicos amplia y que son útiles para las aves (Almazán-Núñez *et al.*, 2009).

Por estas razones se han realizado investigaciones en lo que se refiere a perturbaciones ecológicas en busca de propuestas para disminuir estas perturbaciones, como la realizada por Ríos (2011), quien sugiere métodos para la restauración ecológica en base al estado de degradación del ecosistema. González-Valdivia *et al.* (2012) evaluaron la diversidad y ensamblajes de aves diurnas en un gradiente de perturbación entre paisajes tropicales y agrícolas en el sureste de México. En los bosques fluviales riparios del río Paraná, Argentina, se comparó la riqueza, abundancia, equitatividad y diversidad de las comunidades avifaunísticas en dos condiciones de bosque habitados y no habitados por el hombre con el fin de evaluar si existían diferencias entre estas dos condiciones (Rossetti y Giraudo, 2003).

## **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1. Área de estudio**

La investigación se realizó en el sistema orográfico conocido localmente como Monte Tláloc sitio dominado por bosques de coníferas mixto. Éste se localiza en los límites de Ixtapaluca y Texcoco, al Oriente del Estado de México entre las coordenadas 19° 24' 44" Latitud norte y 98° 42' 45" Longitud oeste, y las cotas de los 4120 msnm (Villanueva-Díaz *et al.*, 2016; INEGI, 2014; Figura 1).

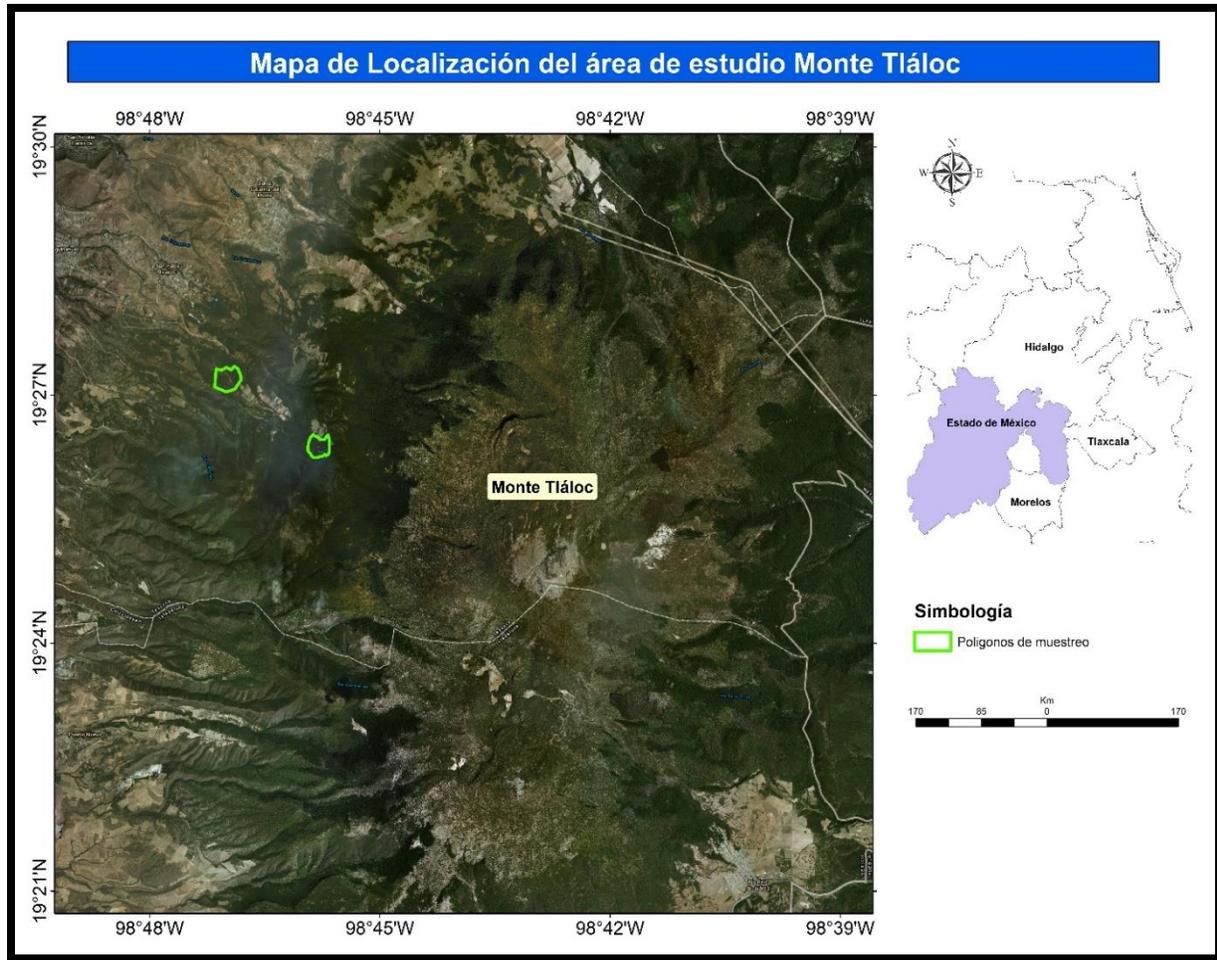


Figura 1. Mapa de localización del área de estudio, Monte Tláloc.

### 5.1.1. Topografía

El Monte Tláloc presenta terrenos accidentados y sistemas rocosos extensos donde la inclinación de las pendientes alcanza hasta 45 grados, esto debido a su ubicación que se encuentra en el eje Neovolcánico Transmexicano (INAFED, 2016).

### 5.1.2. Edafología

El tipo de suelo que abarca la mayoría de la superficie del monte Tláloc es el andosol y en suelos poco profundos el litosol (Astudillo-Sánchez *et al.*, 2017) lo que ha permitido el desarrollo de las especies de pino y encino que conforman sus bosques.

### 5.1.3. Clima

El clima es semifrío con lluvias en verano (García, 2004), con temperatura media de 16.4°C, máxima de 25.1°C y mínima 7.7°C (Astudillo-Sánchez *et al.*, 2017), con precipitaciones medias de 900-1200 mm.

### 5.1.4. Vegetación

El Tlálloc es un sitio dominado por bosques de coníferas mixtos, donde predominan especies de pinos como *Pinus* spp., *Pinus montezumae* y *Pinus hartwegii*, también ocurren encinos como *Quercus* spp., *Quercus rugosa* y *Quercus laurina*. En el monte Tlálloc se han realizado reforestaciones con especies exóticas como eucaliptus (*Eucalyptus camaldulensis*) y pirul (*Schinus molle*) (INEGI, 2009).

### 5.1.5. Fauna

Las principales especies de fauna que se distribuyen en el Monte Tlálloc son el coyote (*Canis latrans*), conejo de monte (*Sylvilagus cunicularius*), aves canoras y rapaces diversas, entre otros. Existen también especies endémicas, como el zacatuche (*Romerolagus diazi*) y la salamandra de río (*Ambystoma leorae*), una especie en peligro crítico de extinción (INAFED, 2019).

## 5.2. Diseño de muestreo

En este estudio se implementó un muestreo sistemático contemplando dos condiciones de perturbación aparente; bosque de pino-encino semiconservado (BPES) la cual se distinguió por presentar una cobertura vegetal cerrada (cubierta por vegetación arbórea, arbustiva y herbácea en su totalidad), dominada por pinos y encinos, vegetación nativa y presencia de cuerpos de agua (Figura 2). El bosque de pino-encino perturbado (BPEP) se caracterizó por tener sitios grandes de vegetación secundaria e introducida, áreas abiertas sin cobertura vegetal, áreas con caminos, evidencia de incendios forestales, así como presencia de ganado y animales ferales (Figura 3). El área de cada condición constó de 11 ha con un total de 22 ha, en las cuales se establecieron unidades

de elección (UE) de una hectárea cada una con una separación de 200 m entre si (Ralph *et al.*, 1996).



Figura 2. Bosque de pino-encino semiconservado.



Figura 3. Bosque de pino-encino perturbado.

### **5.3. Selección de las dos condiciones de perturbación**

Las dos condiciones de perturbación aparente en un bosque de pino-encino en el monte Tláloc fueron seleccionadas utilizando como referencia un estudio previo realizado por Romero-Díaz *et al.*, (2018), con base a las características de los dos sitios (estructura de la vegetación) referidos.

### **5.4. Monitoreo de aves**

De septiembre de 2019 a junio de 2020 se realizaron monitoreos mensuales de aves en las dos condiciones de perturbación aparente BPES y BPEP. Dicho monitoreo se hizo mediante el esquema de recuento en punto con radio fijo de 25 m con búsqueda intensiva que consistió en buscar y observar activamente (en lapsos de 10 min.) en un diámetro de 25 m todas aquellas aves (migratorias y residentes). Las observaciones se realizaron con binoculares marca Bushnell con visión de agua con resolución de 8x42x y la identificación taxonómica de las aves se realizó con guías de campo estándar (Peterson y Chalif, 1989; National Geographic Society, 2011). Las observaciones se realizaron en dos horarios: matutino (06:00-11:00) y vespertino (17:00-19:00), intervalos de tiempo en que la avifauna presenta los mayores picos de actividad diurna, rotando en cada monitoreo el punto de inicio con el objeto de registrar variaciones diurnas en cada uno de ellos. Las variaciones ambientales (lluvia y estiaje) se obtuvieron de acuerdo con lo reportado por el Sistema Meteorológico Nacional (SMN) para el periodo de 2019-2020.

### **5.7. Análisis estadísticos**

#### **5.7.1. Riqueza, diversidad y abundancia de las aves**

La riqueza de especies se determinó con el estimador no paramétrico de Jackknife de Primer Orden (Jackknife1). Asimismo, la diversidad se estimó mediante el índice de Shannon-Wiener el cual considera la uniformidad-equidad (Odum, 2006) y la similitud mediante el índice de Jaccard. La abundancia de aves se evaluó con el índice de abundancia relativa (IAR; frecuencias registradas) propuesto por Carrillo y Cuarón (2000). Dichos índices se analizaron en EstimateS 9.1.0 (2018), utilizando datos de presencia-ausencia, y con excepción de la abundancia, se compararon gráficamente.

### 5.7.2. Efecto de las variables fenología (migración-no migración), estacional (lluvias-estiaje), sexo y condición del bosque sobre las abundancias de aves

A partir de las bases de datos de abundancia y frecuencia de las aves registradas en esta investigación, se formuló una matriz de escenarios que se analizó mediante modelos lineales generalizados (GLM) en el software R Statistics. Previo a la generación del GLM se definieron cuatro variables explicatorias: condición del bosque, estacionalidad, fenología y sexo de las aves registradas. La variable de respuesta fue la frecuencia de registros en cada nivel de variable (Cuadro 1). El modelo GLM se analizó con una distribución Poisson, debido a que los datos son frecuencias absolutas. La función de enlace o parametrización fue logit y el modelo ingresado al software R fue el siguiente:

*Call: gml(formula*

*= Frecuencia~Sexo + Fenología + Estacionalidad*  
*+ Condición del bosque + Sexo \* Fenología + Sexo \* Estacionalidad*  
*+ Sexo \* Condición del bosque + Fenología \* Estacionalidad + Fenología*  
*\* Condición del bosque + Estacionalidad \* Condición del bosque*  
*+ Condición del bosque \* Estacionalidad \* Fenología, family*  
*= poisson(log), data = Dataset2 )*

En el análisis se consideraron únicamente 21 parámetros y se utilizó una combinación de todas las especies de aves.

Cuadro 1. Variables de respuesta y niveles.

Variable	Nivel
Condición del bosque	1) Semiconservado
	2) Perturbado
Estacionalidad	1) Lluvias
	2) Estiaje
Fenología	1) Migratoria
	2) No migratoria

Sexo

- 1) Macho
- 2) Hembra

---

### 5.7.3. Validación del modelo GLM

Para determinar el ajuste del modelo se estimó la cantidad de varianza y el error estándar. En un GLM, a estos parámetros se les conoce como devianza, la cual es un indicador de la variabilidad de los datos. Por lo tanto, se evaluó la devianza del modelo nulo con la devianza residual, esto mide la variabilidad de la variable de respuesta que no es explicada por el modelo. También se evaluó el Criterio de Información de Akaike, este índice evalúa el ajuste del modelo a los datos y la complejidad de este. A menor valor de AIC, mejor es el ajuste. El AIC es útil para comparar modelos similares con distintos grados de complejidad o modelos iguales (mismas variables) pero con funciones de vínculo distintas. También se estimó el parámetro t-Student, el cual se obtuvo a partir de la división entre el coeficiente y el error estándar. El valor *t* compara la muestra promedio y fue útil para determinar cuál de los factores y niveles del modelo fue significativo.

## 6. RESULTADOS

En este estudio se registraron 70 especies de aves en ambas condiciones de bosque (Cuadro 2 y 3), 54 especies en el bosque de pino-encino semiconservado (BPES) y 59 especies en bosque de pino-encino perturbado (BPEP). En el Monte Tláloc, de acuerdo con la NOM-059, se registraron cuatro especies clasificadas como bajo Protección Especial y dos Amenazadas. De acuerdo con la UICN en el área de estudio se ubicaron a dos especies bajo alguna amenaza; una de ellas en la categoría de Vulnerable y la otra Casi amenazada; asimismo, se registraron cinco especies endémicas.

Cuadro 2. Interpretación de las abreviaturas para la información de las especies de aves observadas durante el estudio en el Monte Tláloc.

---

<b>Residencia</b>	<b>NOM-059 SEMARNAT 2010</b>	<b>UICN</b>
-------------------	----------------------------------	-------------

---

R	Residente permanente	SC	Sin categoría	LC	Preocupación menor
		PR	Sujeta a protección especial		
MI	Migratoria			VU	Vulnerable
T	Transitoria	A	Amenazada	NT	Casi amenazado
<b>Origen y Endemismo</b>		<b>Condición de localización</b>			
NE	No evaluado	BPES	Bosque de pino-encino semiconservado		
EN	Endémica	BPEP	Bosque de pino-encino perturbado		
CE	Cuasiendémica	A	Ambas condiciones		
SE	Semiendémica				
DN	Dato no disponible				

Cuadro 3. Lista de especies registradas durante el estudio en el Monte Tláloc y su estatus de riesgo.

<b>Especie</b>	<b>Tipo de residencia</b>	<b>NOM-059</b>	<b>UICN</b>	<b>Origen y endemismo</b>	<b>Condición de localización</b>
<i>Amazilia beryllina</i>	R	SC	LC	NE	BPES
<i>Amazilia cyanocephala</i>	R	SC	LC	NE	A
<i>Aphelocoma ultramarina</i>	R	SC	LC	EN	A
<i>Basileuterus belli</i>	R	SC	LC	NE	A
<i>Cardellina pusilla</i>	MI	SC	LC	NE	A
<i>Cardellina rubra</i>	R	SC	LC	EN	A
<i>Cardellina versicolor</i>	R	PR	VU	CE	A
<i>Cathartes aura</i>	R	SC	LC	NE	A
<i>Catharus occidentalis</i>	R	SC	LC	EN	A
<i>Chlorospingus flavopectus</i>	R	SC	LC	NE	BPES
<i>Colaptes auratus</i>	R, MI	SC	LC	NE	BPEP
<i>Contopus pertinax</i>	R	SC	LC	NE	BPEP
<i>Contopus sp.</i>	DN	DN	DN	DN	BPEP
<i>Corvus corax</i>	R	SC	LC	NE	BPEP
<i>Cyanocitta stelleri</i>	R	SC	LC	NE	BPES
<i>Cynanthus latirostris</i>	R	SC	LC	SE	BPES
<i>Dactylortyx thoracicus</i>	R	PR	LC	NE	A
<i>Diglossa baritula</i>	R	SC	LC	NE	A

<i>Dryobates scalaris</i>	R	SC	LC	NE	A
<i>Dryobates sp.</i>	DN	DN	DN	DN	A
<i>Dryobates stricklandi</i>	R	A	LC	EN	BPEP
<i>Empidonax difficilis</i>	MI, R	SC	LC	SE	BPES
<i>Empidonax sp.</i>	DN	DN	DN	DN	A
<i>Eugenes fulgens</i>	R	SC	LC	NE	A
<i>Falco peregrinus</i>	R, MI	PR	LC	NE	BPEP
<i>Haemorhous mexicanus</i>	R	SC	LC	NE	A
<i>Hirundo rustica</i>	MI, R, T	SC	LC	NE	A
<i>Hylocharis leucotis</i>	R	SC	LC	NE	A
<i>Junco phaeonotus</i>	R	SC	LC	CE	A
<i>Lampornis amethystinus</i>	R	SC	LC	NE	BPEP
<i>Lanius ludovicianus</i>	R, MI	SC	NT	NE	A
<i>Leiostyris celata</i>	MI, R	SC	LC	NE	A
<i>Melanerpes aurifrons</i>	R	SC	LC	NE	A
<i>Melanerpes formicivorus</i>	R	SC	LC	NE	A
<i>Melospiza fusca</i>	R	SC	LC	NE	A
<i>Mitrophanes phaeocercus</i>	R	SC	LC	NE	A
<i>Mniotilta varia</i>	MI	SC	LC	NE	A
<i>Myadestes occidentalis</i>	R	PR	LC	NE	A
<i>Myioborus miniatus</i>	R	SC	LC	NE	A
<i>Myioborus pictus</i>	R	SC	LC	NE	A
<i>Oreothlypis superciliosa</i>	R	SC	LC	NE	BPES
<i>Peucedramus taeniatus</i>	R	SC	LC	NE	A
<i>Pipilo maculatus</i>	R, MI	SC	LC	NE	A
<i>Piranga bidentata</i>	R	SC	LC	NE	BPEP
<i>Pitangus sulphuratus</i>	R	SC	LC	NE	A
<i>Poecile sclateri</i>	R	SC	LC	CE	A
<i>Psaltriparus minimus</i>	R	SC	LC	NE	A
<i>Psilorhinus morio</i>	R	SC	LC	NE	BPEP

<i>Ptiliogonys cinereus</i>	R	SC	LC	CE	A
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	R, MI	SC	LC	NE	A
<i>Regulus satrapa</i>	R, MI	SC	LC	NE	BPES
<i>Sayornis saya</i>	R, MI	SC	LC	NE	BPES
<i>Setophaga coronata</i>	MI, R	SC	LC	NE	BPEP
<i>Setophaga dominica</i>	MI	SC	LC	NE	BPEP
<i>Setophaga nigrescens</i>	MI	SC	LC	SE	A
<i>Setophaga occidentalis</i>	MI	SC	LC	NE	A
<i>Setophaga ruticilla</i>	MI	SC	LC	NE	A
<i>Setophaga townsendi</i>	MI	SC	LC	NE	A
<i>Setophaga virens</i>	MI	SC	LC	NE	A
<i>Sialia mexicana</i>	R, MI	SC	LC	NE	BPEP
<i>Sitta carolinensis</i>	R	SC	LC	NE	A
<i>Spinus pinus</i>	R, MI	SC	LC	NE	BPES
<i>Toxostoma ocellatum</i>	R	SC	LC	EN	BPEP
<i>Troglodytes aedon</i>	R, MI, T	SC	LC	NE	BPES
<i>Turdus assimilis</i>	R	SC	LC	NE	BPES
<i>Turdus infuscatus</i>	R	A	LC	NE	A
<i>Turdus migratorius</i>	R, MI	SC	LC	NE	A
<i>Vireo olivaceus</i>	T	SC	LC	NE	BPEP
<i>Volatinia jacarina</i>	R	SC	LC	NE	BPEP
<i>Zonotrichia leucophrys</i>	MI	SC	LC	NE	BPEP

### 6.1. Riqueza de aves

Los resultados de Jackknife1 para los datos del número total de especies de aves registrado por muestreo, señalan que el número promedio de especies fue alto en BPES (51.8), relativamente bajo en BPEP (38) y alto en ambas condiciones (44.7), respecto a los esperados (BPES, 54.1; BPEP, 59.8 y ambas condiciones, 56.6); esto equivale a un 95%, 64% y 79%, respectivamente (Figura 4).

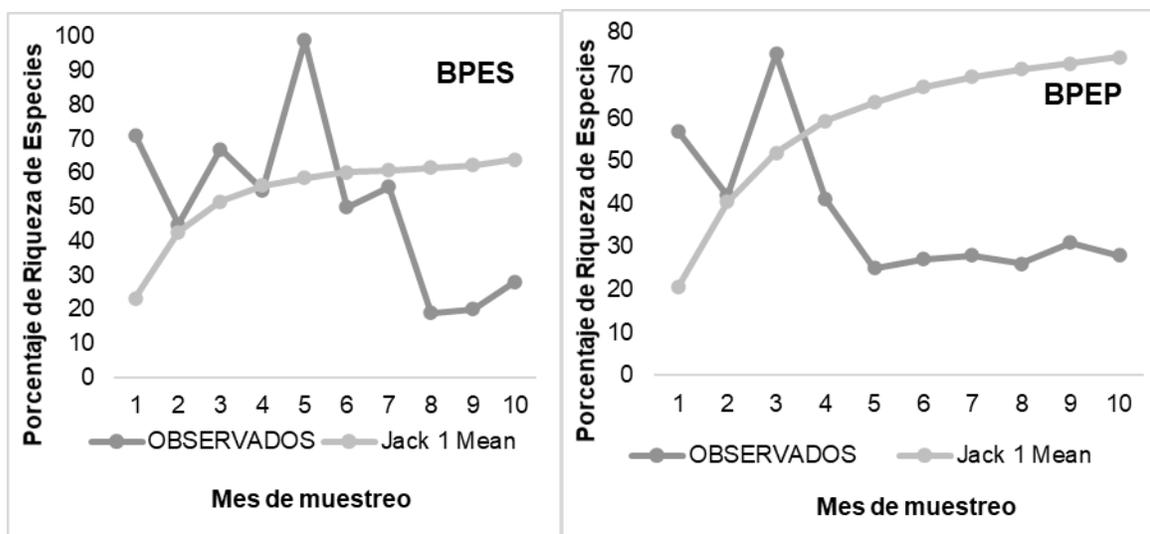


Figura 4. Acumulación de especies de aves registradas considerando las especies observadas vs estimadas en las dos condiciones de muestreo (BPES y BPEP) en el Monte Tláloc.

## 6.2. Diversidad de aves

Los resultados de Shannon-Wiener señalan que la diversidad de especies promedio fue más alta en BPES (3.21) comparado con BPEP (3.13), y en ambas condiciones fue de 3.21 (Cuadro 4). Sin embargo, al contrastar gráficamente dicho índice para cada una de las muestras en cada condición, se registró una variabilidad entre las mismas, siendo BPES la que exhibe una ligera mayor diversidad a lo largo del estudio (Figura 5).

Cuadro 4. Diversidad de especies, índice Shannon-Wiener registradas por muestreo para BPES, BPEP y en ambas condiciones, en el Monte Tláloc.

Sitio	Diversidad de especies Shannon-Wiener		
	H' = Promedio	H' = Mínimos	H' = Máximos
BPES	3.21	2.87	3.32
BPEP	3.13	2.7	3.28
Ambas condiciones	3.21	2.87	3.32

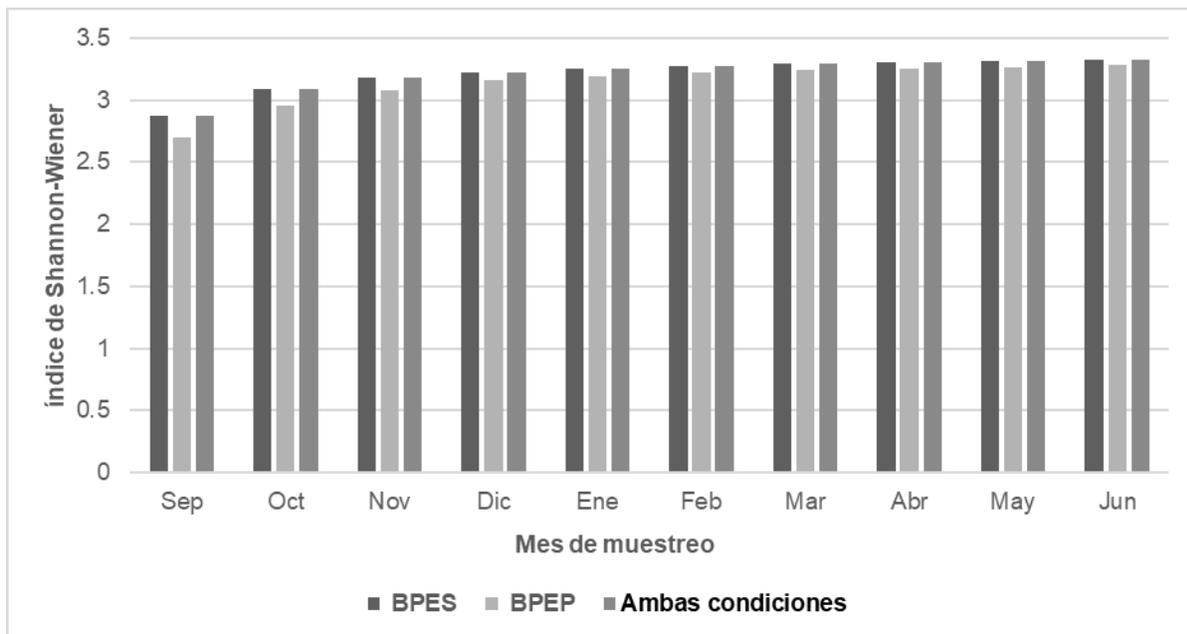


Figura 5. Índice de Shannon-Wiener para la diversidad de aves registradas por muestreo en BPES, BPEP y en ambas condiciones en el Monte Tláloc.

### 6.3. Similitud

El estimador promedio de Jaccard para el total de especies registradas evidenció que estos fueron relativamente similares en un 26% en ambas condiciones durante todo el estudio (Cuadro 5).

Cuadro 5. Resultados de Jaccard para determinar similitudes en las especies de aves registradas en BPES, BPEP y en ambas condiciones de bosque en el Monte Tláloc.

Sitio	Similitud Jaccard		
	Promedio	Mínimos	Máximos
BPES	0.42	0.23	0.66
BPEP	0.11	0.0	0.26
Ambas Condiciones	0.26	0.19	0.38

#### 6.4. Abundancia

El Índice de Abundancia Relativa (IAR) de las aves registradas en BPES sugiere que la especie con menor presencia en la zona de estudio fue *Aphelocoma ultramarina* (0.002) y en mayor proporción *Empidonax* sp. (0.13) (Figura 6), a diferencia de BPEP que fue *Colaptes auratus* (0.003) y con mayor aparición fue *Ptiliogonys cinereus* (0.23) (Figura 7). Es importante señalar que las abundancias de todas las especies no se graficaron, únicamente se eligieron las de las más representativas en ambos sitios.

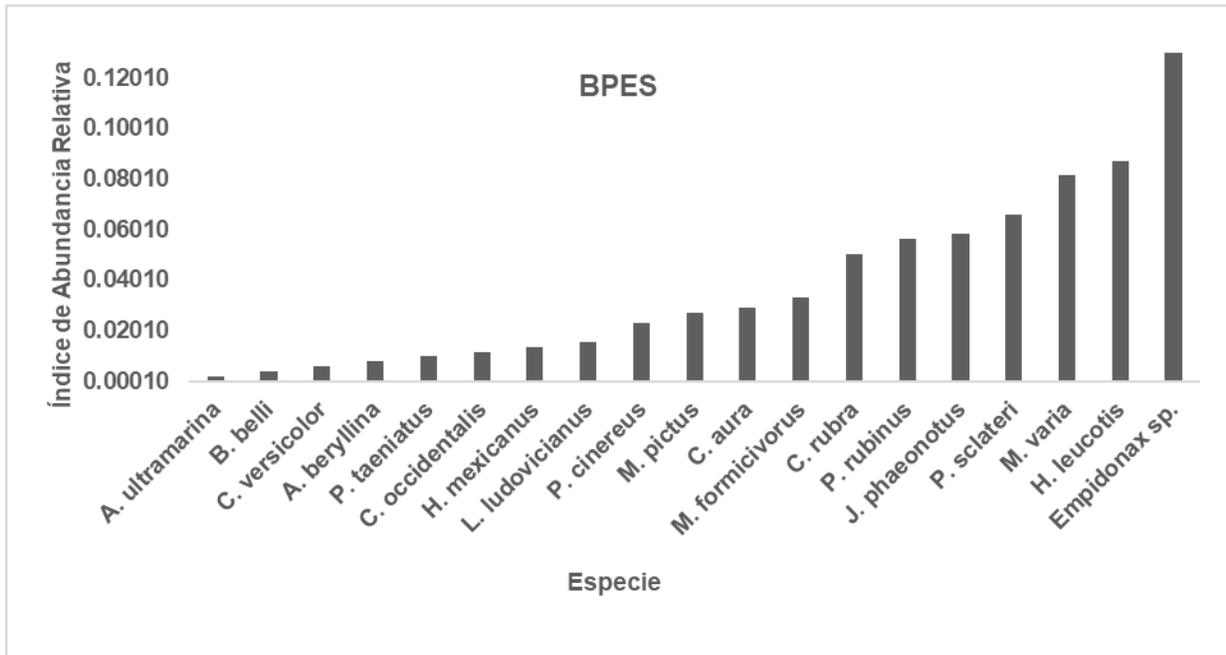


Figura 6. Índice de Abundancia Relativa de especies de aves en el Bosque de Pino-Encino Semiconservado del Monte Tláloc.

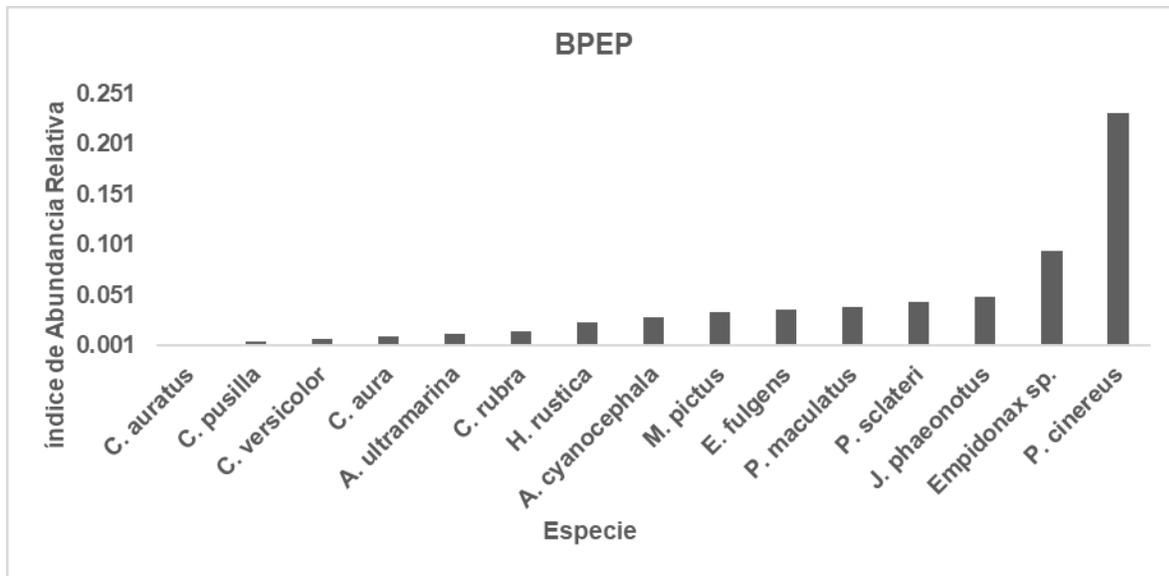


Figura 7. Índice de Abundancia Relativa de especies de aves en el Bosque de Pino-Encino Perturbado del Monte Tláloc.

### 6.5. Modelo Lineal Generalizado

En el área de estudio, se registraron 527 individuos de aves en ambas condiciones (BPES=304; BPEP=223). Con esta información fue posible inferir de manera fenológica (migración-no migración) y estacionalmente (lluvias-estiaje) su efecto sobre las abundancias de aves (residentes-migratorias). En BPES se registró el 19% de individuos de aves migratorias y 81% de individuos de aves residentes y en BPEP el 22% de los individuos correspondió a aves migratorias y el 78% a aves residentes (Figura 8).

Asimismo, se encontró que la frecuencia mayor de individuos correspondió a las aves residentes (n=420) y la menor a las aves migratorias (n=107) en ambas condiciones en conjunto.

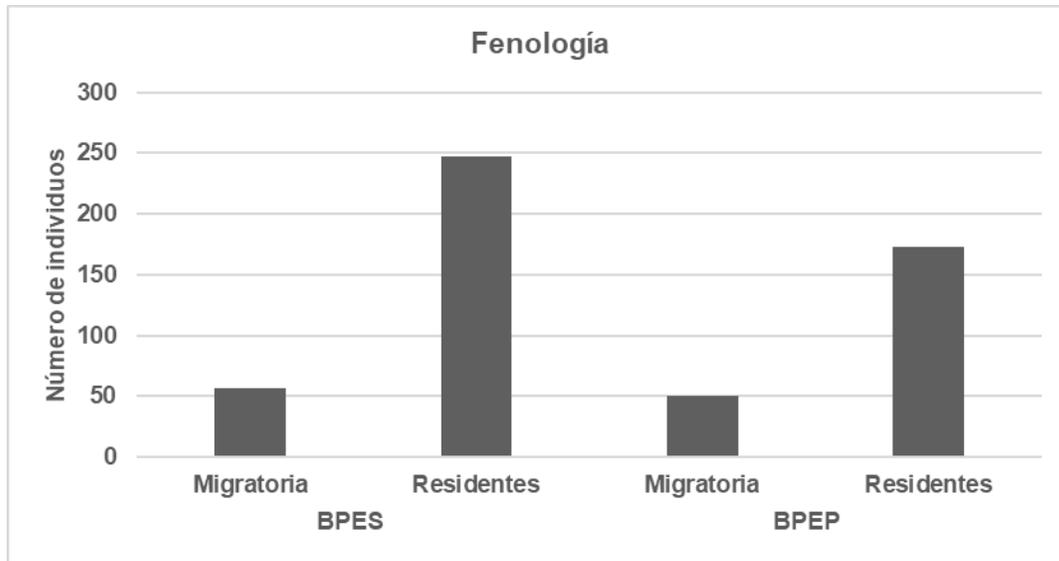


Figura 8. Aves migratorias y residentes en un Bosque de Pino-Encino semiconservado (BPES) y Perturbado (BPEP) en el Monte Tlálloc.

Se observó que el mayor número de individuos de las especies de aves se encontró en la época de estiaje en BPES (53%) y en BPEP (59%) en la de lluvias. En ambas condiciones la mayor cantidad se encontró en la época de lluvias con 274 individuos de aves (Figura 9).

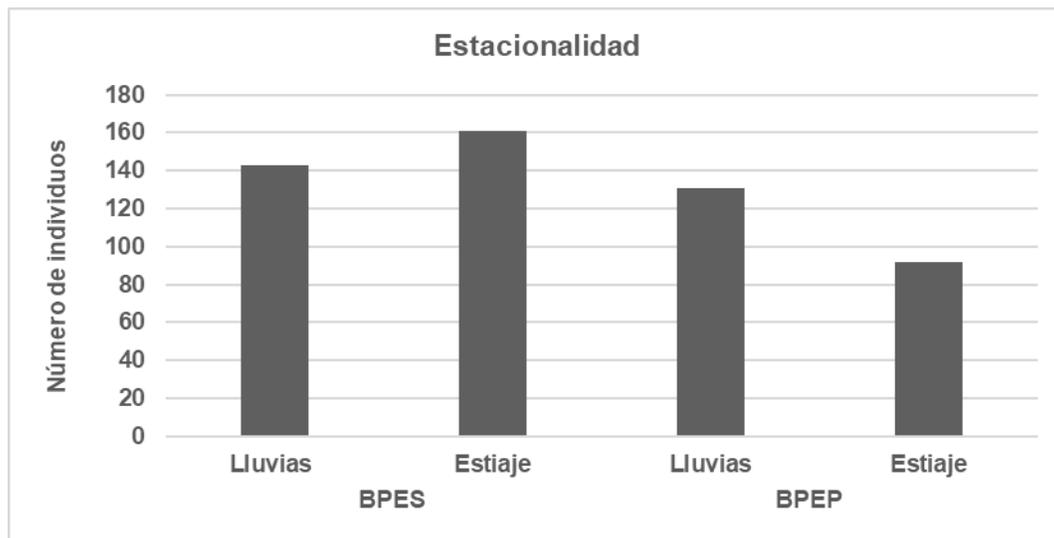


Figura 9. Individuos de aves presentes en la época de lluvias y estiaje en Bosques de Pino-Encino Semiconservado (BPES) y Perturbado (BPEP) del Monte Tlálloc.

En cuanto al sexo de los individuos presentes en cada una de las condiciones del bosque, las hembras predominaron en BPES (53%) y los machos en BPEP (52%) (Figura 10).

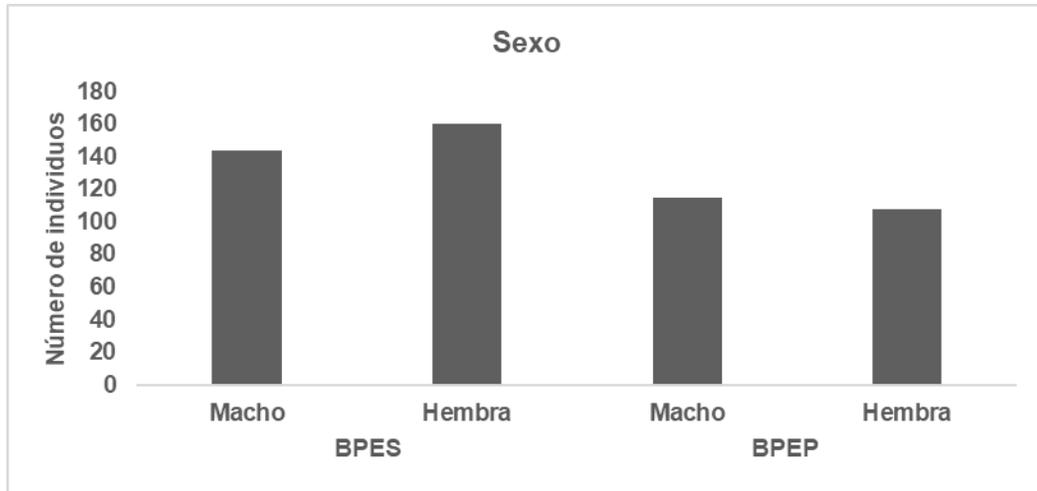


Figura 10. Individuos de aves por sexo presentes en el Bosque de Pino-Encino semiconservado (BPES) y Perturbado (BPEP) del Monte Tláloc.

La condición de bosque que más individuos de aves presentó fue el bosque semiconservado (BPES) con un 58% y en menor proporción la condición perturbada 42% (BPEP) (Figura 11).

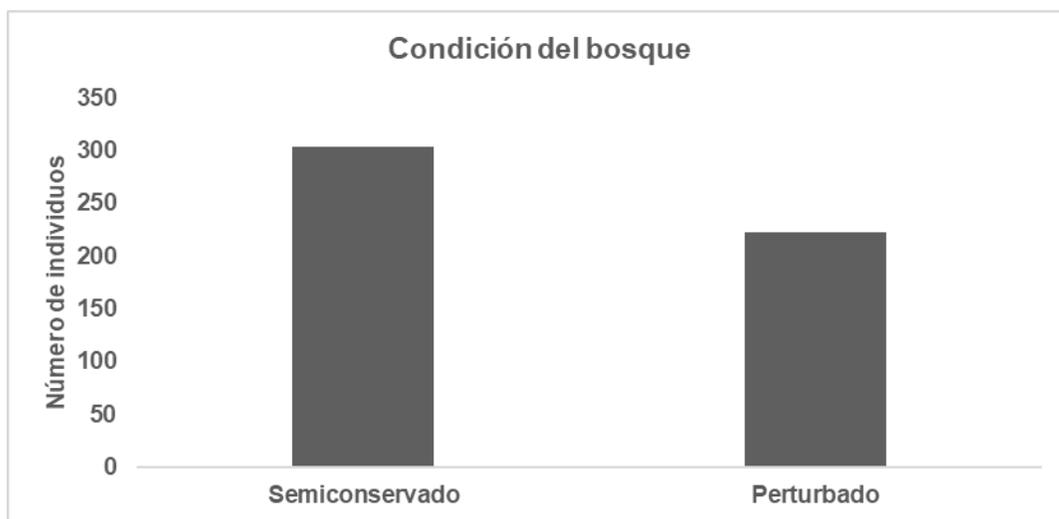


Figura 11. Número de individuos de aves presentes por condición de bosque en el Monte Tláloc.

El Modelo Lineal Generalizado sugiere que la condición del bosque está relacionada significativamente con la abundancia de las especies de aves. Por ejemplo, la condición semiconservada tuvo una mayor presencia de ellas (Figura 11) y a su vez obtuvo la mayor cantidad de hembras que de machos (Figura 10).

De acuerdo con el GLM, el sexo y la estacionalidad, interacción sexo-fenología e interacción sexo-estacionalidad, no se relacionaron con la abundancia de las aves (Cuadro 6). El GLM indicó que las variables fenología (Residentes) y condición del bosque (Semiconservado), aumentan la probabilidad de encontrar una mayor abundancia de especies (Cuadro 7). También la variable estacionalidad (Lluvias) incrementa su abundancia. Todas las interacciones fueron significativas, lo que indica que la fenología, estacionalidad, condición de bosque y sexo tienen una relación con la abundancia de las aves (Cuadro 7). El modelo explicó una devianza total del 84.9% y que 15.1% de la varianza no explicada por el modelo, corresponde a otras variables del ecosistema que no fueron evaluadas en el presente estudio.

Cuadro 6. Modelo Lineal Generalizado para las dos condiciones de bosque semiconservado y perturbado, considerando todas las interacciones en función a la abundancia de las aves.

<b>Variables:</b>	<b>Estimador</b>	<b>Error estándar</b>	<b>Z</b>	<b>Valor de significancia</b>
(Intercept)	-1.76480	2.06057	-0.856	0.39174
Sexo (Hembra/Macho)	-0.09582	0.54345	-0.176	0.86004
Fenología (Migratoria/Residente)	2.58581	1.07720	2.400	0.01637 *
Estacionalidad (Lluvias/Estiaje)	1.25000	1.24279	1.006	0.31451
Condición del bosque (BPES/BPEP)	3.44553	1.16610	2.955	0.00313 **
Sexo (Hembra/Macho): Fenología (Migratoria/Residente)	0.10772	0.20287	0.531	0.59542
Sexo (Hembra/Macho): Estacionalidad (Lluvias/Estiaje)	0.21709	0.17399	1.248	0.21212
Sexo (Hembra/Macho): Condición del bosque (BPES/BPEP)	-0.32580	0.17551	-1.856	0.06341
Fenología (Migratoria/Residente) : Estacionalidad (Lluvias/Estiaje)	-0.48514	0.65925	-0.736	0.46179
Fenología (Migratoria/Residente) : Condición del bosque (BPES/BPEP)	-1.29890	0.62969	-0.2063	0.03913 *
Estacionalidad (Lluvias/Estiaje) : Condición del bosque (BPES/BPEP)	-1.48133	0.76018	-1.949	0.05134

Fenología (Migratoria/Residente) : Estacionalidad (Lluvias/Estiaje): Condición del bosque (BPES/BPEP)	0.49555	0.41784	1.186	0.23563
Niveles de significancia:	0 '****'	0.001'***'	0.01	0.05
AIC: 119.511				0.1 ' ' 1

---

Cuadro 7. Modelo Lineal Generalizado para las dos condiciones de bosque semiconservado y perturbado, considerando únicamente las variables que fueron significativas en función de la abundancia de las aves.

<b>Variables:</b>	<b>Estimador</b>	<b>Error estándar</b>	<b>Z</b>	<b>Valor de significancia</b>
(Intercept)	-1.5766	0.8172	-1.929	0.053696
Fenología (Migratoria/Residente)	2.1101	0.3245	6.502	7.90e-11 ***
Condición del bosque (BPES/BPEP)	2.428	0.5101	4.76	1.94e-06 ***
Sexo (Hembra/Macho)	0.4773	0.2629	1.816	0.069441 .
Estacionalidad (Lluvia/Estiaje)	0.7716	0.2647	2.915	0.003555 **
Condición del bosque (BPES/BPEP): Sexo (Hembra/Macho)	-0.372	0.1719	-2.164	0.030455 *
Fenología (Migratoria/Residente): Condición del bosque (BPES/BPEP)	-0.6438	0.2013	-3.198	0.001385 **
Condición del bosque (BPES/BPEP):	-0.653	0.1745	-3.743	0.000182 ***

Estacionalidad  
(Lluvia/Estiaje)

Signif. codes: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

AIC: 116.5

---

## 7. DISCUSIÓN

El número de especies de aves encontradas en ambas condiciones de bosque sugieren que el grado de perturbación que se analizó no limita la presencia de las mismas, dado que las condiciones ambientales y estructurales del hábitat fueron suficientes (Armstrong y Nol, 1993; Bó *et al.*, 2007; Mateo *et al.*, 2011; García-Quintas, 2015), para satisfacer los requerimientos de las diferentes especies de aves.

Connell (1978) en su hipótesis del disturbio intermedio, menciona que las perturbaciones pueden provocar fluctuaciones espacio-temporales en la diversidad biológica local y regional; en contraste con zonas conservadas, las cuales pueden incrementar el establecimiento de interacciones ecológicas positivas (especies generalistas) y negativas (especies especialistas) en la utilización del hábitat, particularmente cuando las perturbaciones de los ambientes sobrepasan su capacidad de regeneración, disminuyendo la calidad del mismo (Díaz-Bohórquez *et al.*, 2014) y afectando seriamente a la avifauna. El argumento anterior explica el por qué en el bosque semiconservado la abundancia de especies registradas fue en su mayoría de tipo especialista como el *Empidonax* sp. que es un ave insectívora; por el contrario, el bosque perturbado tuvo una mayor presencia de especies de aves generalistas como *Ptiliogonys cinereus*.

El grado de perturbación en el bosque de pino encino en el Monte Tláloc si influyó en la riqueza de aves presentes en cada sitio, afectando en mayor proporción al bosque perturbado, pues en este la riqueza de especies fue menor, esto difiere con lo reportado por González-Martín *et al.*, (2019) quienes señalan que los paisajes heterogéneos y fragmentados beneficiaron la riqueza de aves. La riqueza de especies de aves observada

vs la esperada fue menor de 100%, esto podría estar asociado a que en el presente estudio los muestreos se desarrollaron únicamente durante 10 meses.

La similitud de especies entre ambas condiciones fue relativamente baja con un porcentaje menor al 50%, lo que indica que el desplazamiento de especies entre sitios no ocurre de manera significativa. Es muy probable que las condiciones que se presentan alrededor del bosque muestreado, como caminos o zonas agrícolas afecten este desplazamiento. Asimismo, podría ocurrir que la estructura y los recursos presentes en cada condición limiten también el desplazamiento de las aves de una condición del bosque a la otra.

Las aves son especies con roles muy específicos en los ecosistemas o hábitats donde se encuentran, y su presencia o ausencia se relaciona con factores espaciales y temporales diversos (Valdez-Leal *et al.*, 2015). Algunos ejemplos de estos son las variables del hábitat o condición del mismo (nivel de perturbación) y por la estacionalidad (lluvias y estiaje). Por ello, los cambios que tienen dichas variables en función de la estación del año, podrían inferir en la fenología de las aves migratorias y en el comportamiento de las residentes (Báez-Pérez *et al.*, 2016). Al respecto, El GLM indicó que la fenología, estacionalidad, condición de bosque y sexo tienen una relación con la abundancia de las aves. Por ejemplo, durante la época de lluvias, la abundancia de individuos fue mayor que durante la de estiaje para ambas condiciones y la condición de bosque tuvo un efecto sobre la presencia de machos o hembras.

La migración de aves se ve afectada por factores diversos; por ejemplo, se conoce que el cambio climático afecta su período reproductivo (Gordo y Avilés, 2017; Capllonch *et al.*, 2015) y sus desplazamientos, lo que podría explicar porque el número de especies migratorias fue considerablemente menor al de las residentes.

En esta investigación se obtuvo información sobre como los fenómenos fenológicos, estacionales y las condiciones de perturbación de un bosque de pino-encino interfieren de forma positiva o negativa en la composición de las comunidades de aves migratorias y residentes. Se espera que los resultados de este estudio sean útiles para planear proyectos de investigación sobre el efecto de la composición y estructura vegetal del bosque en el establecimiento de nichos ecológicos de las aves y que permitan

establecer medidas de mitigación a largo plazo en las zonas perturbadas del área de estudio la cual aún alberga especies de aves en una situación de riesgo o son endémicas.

## **8. CONCLUSIONES**

La presente investigación permitió conocer como las comunidades avifaunísticas se ven influenciadas por los procesos naturales fenológicos-estacionales, los cuales el afectan el comportamiento y la manera en que las aves utilizan el hábitat. En este estudio se encontró que las condiciones de perturbación del bosque de pino-encino en el Monte Tláloc permiten la coexistencia de comunidades de aves migratorias y residentes. El bosque de pino-encino perturbado presentó la mayor diversidad especies de aves y tuvo más presencia de aves migratorias. Adicionalmente, se conoció el uso de alguna de las dos condiciones del bosque por las aves en función de la estación del año.

En este estudio se encontró que la riqueza, la diversidad y la abundancia de aves si fue afectada por la condición del bosque y que la fenología (migración-no migración), estacional (lluvias-estiaje), sexo y condición del bosque si tuvieron una relación con las abundancias de aves.

Las comunidades faunísticas presentes en el Monte Tláloc resaltan la importancia de conservar los bosques de pino-encino pues estos ecosistemas albergan a especies de aves que actualmente se encuentran en alguna categoría de riesgo o que son endémicas.

## LITERATURA CITADA

- Alencar, J. D. C., Almeida, R. A. D., & Fernández, N. P. 1979. Fenología de especies florestais em floresta tropical úmida de terra firme na Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 9(1), 163-199.
- Almazán-Núñez R. C., Puebla-Olivares F., Almazán-Juárez Á. 2009. Diversidad de aves en bosques de pino-encino del centro de Guerrero, México. *Acta zoológica mexicana*, 25(1): 123-142.
- Almazán-Núñez, R. C., De Aquino, S. L., Ríos-Muñoz, C. A., & Navarro-Sigüenza, A. G. 2013. Áreas potenciales de riqueza, endemismo y conservación de las aves del estado de Querétaro, México. *Interciencia*, 38(1), 26-34.
- Amador, A. L., & Boschini, C. 2000. Fenología productiva y nutricional de maíz para la producción de forraje. *Agronomía Mesoamericana*, 11(1), 171-177.
- Anthelme, F., Montúfar-Galárraga, R., & Pintaud, J. C. 2010. Caracterización de la resiliencia ecológica de poblaciones de palmeras. *Ecología en Bolivia*, 45(3), 23-29.
- Armstrong, A.R. & E. Nol 1993 Spacing behavior and reproductive ecology of the Semipalmated Plover at Churchill, Manitoba. *Wilson Bull.* 105 (3): 455-464.
- Astudillo-Sánchez, C. C., Villanueva-Díaz, J., Endara-Agramont, A. R., Nava-Bernal, G. E., & Gómez-Albores, M. Á. 2017. Influencia climática en el reclutamiento de *Pinus hartwegii* Lindl. del ecotono bosque-pastizal alpino en Monte Tlaloc, México. *Agrociencia*, 51(1), 105-118.
- Auría, A. C. 2012. La atmósfera y las estrellas. Las relaciones entre Meteorología y Astronomía. *Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid*, 1, 379-400.
- Báez Pérez, S. A., Pintado Martínez, L., & Hernández Martínez, F. 2016. Relación entre aves y variables dendrométricas en plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* WH Barret et Golfari en Viñales, Cuba. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 7(33), 8-19.

- Bó M. S., Baladrón A. V., Biondi L. M. 2007. Ecología trófica de Falconiformes y Strigiformes: tiempo de síntesis. *El hornero*, 22(2): 97-115.
- Bolaños González, Y., Bolaños González, M. A., Paz Pellat, F., & Ponce Pulido, J. I. 2017. Estimación de carbono almacenado en bosques de oyamel y ciprés en Texcoco, Estado de México. *Terra Latinoamericana*, 35(1), 73-86.
- Capllonch, P., Alderete, C. A., Aráoz, R., Barboza, E., Mamaní, J. C., Ortiz, D., ... & Soria, K. 2015. Observaciones y capturas de aves poco conocidas en el norte de Argentina. *Nuestras Aves*, 60, 76-82.
- Carrillo Anzúres, F., Acosta Mireles, M., Flores Ayala, E., Juárez Bravo, J. E., & Bonilla Padilla, E. 2014. Estimación de biomasa y carbono en dos especies arbóreas en la Sierra Nevada, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(5), 779-793.
- Carrillo E., Wong G., & Cuarón A. D. 2000. Monitoring mammal populations in Costa Rican protected areas under different hunting restrictions. *Conservation biology*, 14(6):1580-1591.
- Casillas, J. L., Rost, J., Martínez, S. C., & Gómez, J. C. 2011. Abundancia estacional del colorín pecho naranja (*Passerina leclancherii*) en bosques ribereños del occidente de México. *Ornitología neotropical*, 22, 187-194.
- Connell, M. L. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *SCIENCE WASH*, 199:1302-1310.
- Cortés-Ramírez, G., Gordillo-Martínez, A., & Navarro-Sigüenza, A. G. 2012. Patrones biogeográficos de las aves de la península de Yucatán. *Revista mexicana de biodiversidad*, 83(2), 530-542.
- Cueto, V., Jahn, A. E., Tuero, D. T., Guaraldo, A. C., Sarasola, J. H., Bravo, S. P., ... & Jiménez, J. E. 2015. Las aves migratorias de América del Sur. Nuevas técnicas revelan información sobre su comportamiento. *Asociación Civil Ciencia Hoy*, 24 (142), 19-25.

- Díaz, J. I., & de Exactas, N. D. L. S. 1999. Teoría astronómica de Milankovitchy modelos climáticos de gran escala temporal. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 93(1), 29-33.
- Díaz-Bohórquez, A. M., Bayly, N. J., Botero, J. E., & Gómez, C. 2014. Aves migratorias en agroecosistemas del norte de Latinoamérica, con énfasis en Colombia. *Ornitología Colombiana*, (14), 3-27.
- Elton, C. 1927. *Animal Ecology*. Sidgwick and Jackson. London, England. 121 p.
- EstimateS for Windows runs under Windows 8. 2018. Versión 9.1.0
- Fava, G. A., Acosta, J. C., & Blanco, G. M. 2017. Efecto de la estacionalidad y lluvias en la avifauna del Chaco Serrano Austral, Argentina. *Revista de Biología Tropical*, 65(3), 953-961.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 5a. ed. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 90 p.
- García-Olaechea, Á., Chávez-Villavicencio, C., & Tabilo-Valdivieso, E. 2018. ¿Influyen las aves migratorias neárticas en el patrón estacional de aves de los humedales costeros?. *Revista peruana de biología*, 25(2), 117-122.
- García-Quintas, A. 2015. Descripción de las colonias reproductivas de aves acuáticas en el Parque Nacional Jardines de la Reina, Cuba/Description of the waterbirds reproductive colonies in the National Park Jardines de la Reina, Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Biológicas*, 4(3), 29-35.
- Gómez, V. E. 2006. Aves del parque general San Martín (Mendoza). Distribución y características. *Multequina*, (15), 81-95.
- González-Martín Del Campo, F., Navarrete-Gutiérrez, D. A., Enríquez, P. L., & Gordillo-Pérez, M. G. 2019. Diversidad de aves en sitios con distinto uso de suelo en Nuevo Conhuas, Calakmul, México. *Acta zoológica mexicana*, (35), 1-18.

- González-Valdivia, N. A., Arriaga-Weiss, S. L., Ochoa-Gaona, S., Ferguson, B. G., Kampichler, C., & Pozo, C. 2012. Ensamblajes de aves diurnas a través de un gradiente de perturbación en un paisaje en el sureste de México. *Acta zoológica mexicana*, 28(2), 237-269.
- Gordo, O., & Avilés, J. M. 2017. El valor de los estudios a largo plazo en la ecología del comportamiento. *Ecosistemas*, 26(3), 21-31.4
- Grinnell, J. 1917. The niche-relationships of the California thrasher. *Auk* 34:427-433.
- Gzesh, S. 2008. Una redefinición de la migración forzosa con base en los derechos humanos. *Migración y desarrollo*, (10), 97-126.
- Hopp, R. J. 1974. Plant phenology observation networks. In *Phenology and seasonality modeling*. Springer, Berlin, Heidelberg. 25-43 pp.
- Howell, S.N.G. y S. Webb. 1995. *A Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press, Oxford, Reino Unido. 192 p.
- Hutchinson, GE. 1957. Concluding remarks. *Cold Springs Harbor Symposia on Quantitative Biology* 22: 415-427 pp.
- Illoldi-Rangel P. & Escalante, T. 2008. De los modelos de nicho ecológico a las áreas de distribución geográfica. *Biogeografía*, 3, 7-12.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI; México). 2014. Estadísticas a propósito del día internacional de las montañas. Continuo de elevaciones mexicano. Consultado: 02 de julio de 2019. Recuperado de: [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2014/monta%C3%B1as2014\\_0.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2014/monta%C3%B1as2014_0.pdf)
- Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo (INAFED). 2019. Enciclopedia de los municipios y ciudades de México. Municipio de Texcoco. Consultado 04 de julio de 2019. Recuperado de: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15099a.html>

- Jáuregui Díaz, J. A., & Recaño Valverde, J. 2014. Una aproximación a las definiciones, tipologías y marcos teóricos de la migración de retorno. *Revista bibliográfica de geografía y ciencias sociales*, 19(1084), 1-29.
- Jordano, P., & Jordano, P. 1981. Relaciones interespecíficas y coexistencia entre el Águila Real (*Aquila chrysaetos*) y el Águila Perdicera (*Hieraaetus fasciatus*) en Sierra Morena central.
- Juri, M. D., & Chani, J. M. 2009. Variación estacional en la composición de las comunidades de aves en un gradiente urbano. *Ecología austral*, 19(3), 175-184.
- Leibold, M. A., & Geddes, P. 2005. El concepto de nicho en las metacomunidades. *Ecología austral*, 15(2), 117-129.
- Lentino, M. 2016. Migración de aves en Rancho Grande: Resultados del programa de monitoreo de la migración de aves en el Parque Nacional Henri Pittier, 2015. *Revista Venezolana de Ornitología*, 6, 37-49.
- Liebig, J. 1840. *Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie*. Braunschweig: F. Vieweg und Sohn. 1-215 p.
- López-Segoviano, G., Díaz-Verduzco, L., Arenas-Navarro, M., & del Coro Arizmendi, M. 2019. Diversidad estacional de aves en una región prioritaria para la conservación en el centro oeste de la Sierra Madre Occidental. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, (90), 1-16.
- Mateo, R. G., Felicísimo, Á. M., & Muñoz, J. 2011. Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista chilena de historia natural*, 84(2), 217-240.
- Muñoz-Pedrerros, A. Murúa, R., & González, L. 1990. Nicho ecológico de micromamíferos en un agroecosistema forestal de Chile central. *Revista Chilena de Historia Natural*, 63(3), 267-277.
- National Geographic Society 2002. *Field guide to the birds of North America*. Fourth edition. National Geographic Society, Washington, D.C. 480 p.

- Ocampo-Peñuela, N. 2010. El fenómeno de la migración en aves: una mirada desde la Orinoquia. *Orinoquia*, 14(2), 188-200.
- Ochoa-Gaona, S., Pérez Hernández, I., & De Jong, B. H. 2008. Fenología reproductiva de las especies arbóreas del bosque tropical de Tenosique, Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical*, 56(2), 657-673.
- Odum, E. P., & Warren, G. W. 2006. *Fundamentos de Ecología*. 5a. Edición. Thomson. México. 1-357 p.
- Onrubia, A., & Tellería, J. L. 2013. Fenología migratoria del mosquitero ibérico *Phylloscopus ibericus* en la península Ibérica: una comparación con los mosquiteros común *P. collybita* y musical *P. trochilus*. *El mosquitero ibérico*, 87-91.
- Pedrana, J., Bernad, L., Maceira, N. O., & Isacch, J. P. 2018. Determinación de la superposición de nicho mediante modelos de adecuación de hábitat: una herramienta de manejo para aves nativas de la pampa argentina. *Ardeola*, 65(1), 25-40.
- Peterson R. T. y Chalif E. L. 1989. *Aves de México. Guía de campo*. Editorial Diana. México, D. F. 473 p
- Pineda-López, R., Malagamba Rubio, A., Orranti, O., & José, A. 2013. Detección de aves exóticas en parques urbanos del centro de México. *Huitzil*, 14(1), 56-64.
- Quiñones, U. M., Valerio, P. D., Ramos, J. H., Sánchez, A. M., Magaña, J. J. G., & Granados, M. D. C. R. 2019. Similaridad del nicho ecológico de *Pinus montezumae* y *P. pseudostrobus* (Pinaceae) en México: implicaciones para la selección de áreas productoras de semillas y de conservación. *Acta Botanica Mexicana*, (126), 1-22.
- Ralph C. J., Geupel G. R., Pyle P., Martín T. E., DeSante D. F. y Milá B. 1996. *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. Department of Agriculture and Forest Service. USA. 46 p.

- Ramírez-Albores, J. E. 2008. Comunidad de aves de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza campus II, UNAM, Ciudad de México. *Huitzil*, 9(2), 12-19.
- Ríos, A. C., & Luján, B. I. S. 2015. Paquimé. Influencia del Pensamiento Matemático y Astronómico Mesoamericano. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 29(52), 508-527.
- Ríos, O. V. 2011. Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta biológica colombiana*, 16(2), 221-246.
- Romero-Díaz, C., Ugalde-Lezama, S., Tarango-Arámbula, L. A., Ruíz-Vera, V. M., Marcos-Rivera, U., & Cruz-Miranda, Y. 2018. Coexistencia y segregación trófica en aves insectívoras de un bosque templado con tres elevaciones. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 5(15), 477-489.
- Rossetti, M. A., & Giraud, A. R. 2003. Comunidades de aves de bosques fluviales habitados y no habitados por el hombre en el río Paraná medio, Argentina. *El hornero*, 18(2), 89-96.
- Sánchez, A. 1991. Estructura y estacionalidad de las comunidades de aves de la Sierra de Gredos. *Ardeola*, 38(2), 220-231.
- SEMARNAT, 2010. NOM-059-SEMARNAT. Diario Oficial de la Federación. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. 77 p
- Shelford, V.E. 1913. Comunidades de animales en las zonas templadas de América: como se ilustra en la región de Chicago: un estudio en ecología animal (n. ° 5). Prensa de la Universidad de Chicago. 1-199 pp.
- Stephens, C. S. 1984. Ecological upset and recuperation of natural control of insect pests in some Costa Rican banana plantations. *Perturbación ecológica y recuperación del control natural de plagas de insectos en algunas plantaciones de banano costarricenses*. *Turrialba.*, 34(1), 101-105.
- Theriault, M. A. R. I. U. S., Hufty, A. N. D. R. E., & Sheriff, F. E. R. N. A. N. D. O. 1985. El efecto de las variaciones latitudinales estacionales de la radiación solar recibida

- sobre superficies inclinadas en la definición de las pendientes de solana y umbría. *Paralelo*, 37(8-9), 621-638.
- Torres Dowdall, J., Farmer, A., & Bucher, E. H. 2006. Uso de isótopos estables para determinar conectividad migratoria en aves: alcances y limitaciones. *El hornero*, 21(2), 73-84.
- UICN, S. 2019. Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN. Comisión de la Supervivencia de Especies de la UICN. Recuperado de: <https://www.iucn.org/es/regiones/am%C3%A9rica-del-sur/nuestro-trabajo/pol%C3%ADticas-de-biodiversidad/lista-roja-de-uicn>
- Valdez-Leal, J. D. D., Pacheco-Figueroa, C. J., Méndez-López, E., Rangel-Ruíz, L. J., Moguel-Ordoñez, E. J., Arriga-Weiss, S. L., ... & Luna-Ruíz, R. D. C. 2015. La comunidad de las aves en tres hábitats de la planicie de Tabasco, México. *Agroproductividad*, 8(5), 69-73.
- Verea, C., Fernández-Badillo, A., & Solorzano, A. 2000. Variación en la composición de las comunidades de aves de sotobosque de dos bosques en el norte de Venezuela. *Ornitol. Neotrop*, 11, 65-79.
- Villanueva-Díaz, J., Vázquez-Selem, L., Gómez-Guerrero, A., Cerano-Paredes, J., Aguirre-González, N. A., & Franco-Ramos, O. 2016. Potencial dendrocronológico de *Juniperus monticola* Martínez en el monte Tláloc, México. *Revista fitotecnia mexicana*, 39(2), 175-185.
- White, P. S. 1979. Pattern, process, and natural disturbance in vegetation. *BOT REV*, 45:229-299.
- Williams-Linera, G., & Meave, J. 2002. Patrones fenológicos. *Ecología y conservación de bosques neotropicales*, RM Guariguata y GH Kattan (eds.). Libro Universitario Regional, San José, 591-624.