

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Biología



Variación en la diversidad y abundancia de aves asociadas a bosques de pino-encino respecto al fenómeno climático de El Niño.

Trabajo de investigación presentado
por Jennifer Michelle Hernández Muralles
para optar al grado académico de Licenciada en Biología

Guatemala

2018

Variación en la diversidad y abundancia de aves asociadas a bosques de pino-encino respecto al fenómeno climático de El Niño.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Biología




Variación en la diversidad y abundancia de aves asociadas a bosques de pino-encino respecto al fenómeno climático de El Niño.

Trabajo de investigación presentado
por Jennifer Michelle Hernández Muralles
para optar al grado académico de Licenciada en Biología


Guatemala


2018

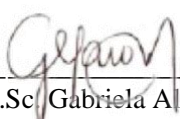
Vo.Bo.:

(f) 
M. Sc. Ana Lucía Dubón

Tribunal:

(f) 
M.Sc. Ana Lucía Dubón

(f) 
M.Sc. Sofia Rosales

(f) 
M.Sc. Gabriela Alfaro

Fecha de aprobación: Guatemala, 6 de diciembre del 2018

PREFACIO

La idea de esta investigación surgió después de hablar con el M. Sc. Daniel Ariano, ya que yo me encontraba trabajando en una empresa en donde tenía que realizar estudios de impacto ambiental en el área de ornitología y contaba con una base de datos extensa para poder realizar algún estudio. Debido a la importancia de los estudios sobre efectos del cambio climático en la biodiversidad, decidí realizar este estudio para poder evaluar las poblaciones de aves con las que me encontraba trabajando. Solicité permiso a la empresa en donde trabajo para la utilización de los datos y le hablé a la M. Sc. Ana Lucía Dubón sobre la idea de investigación, ya que ella se dedica al estudio de aves y así fue como acepto asesorarme durante la investigación.

Agradezco a mi familia por apoyarme incondicionalmente para la realización de mi tema de investigación, especialmente a mi abuela Olga por siempre estar para mi y apoyarme en todo momento, sin importar que tan descabelladas sonaran mis ideas. Agradezco a la Licenciada Andrea Martínez, por el apoyo en la toma de datos y a la M.Sc. Sofia Rosales por ser una excelente compañera de trabajo y por todas las enseñanzas respecto a la manipulación e identificación de aves. Agradezco a mi asesora principal, la M. Sc. Ana Lucía Dubón por su apoyo incondicional y por su tiempo para el asesoramiento de mi trabajo de investigación y al M. Sc. Daniel Ariano por apoyarme con mi idea de investigación.

Agradezco a TRECSA, especialmente al M. Sc. Roberto Ruíz por permitirme utilizar los datos colectados durante los periodos de muestreo para los estudios de impacto ambiental de la empresa y por el apoyo financiero que me brindaron.

ÍNDICE

PREFACIO	v
LISTA DE CUADROS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES.....	3
A. Fenómeno climático El Niño	3
B. Clima en Guatemala.....	8
C. Importancia de las aves en el ecosistema.....	11
D. Efecto del cambio climático en las aves	12
E. Importancia de bosques de pino-encino.....	15
F. Redes de niebla	17
G. Diversidad biológica o biodiversidad	18
III. JUSTIFICACIÓN	23
IV. OBJETIVOS	25
A. Generales.....	25
B. Específico.....	25
V. METODOLOGÍA.....	26
A. Área de estudio.....	26
1. Astillero Municipal de San Bartolomé Milpas Altas	26
2. Tecpán.....	26
3. Finca Diesseldorf, Tactic	26
4. Chajul, Quiché	27
B. Procedimientos.....	27
VI. RESULTADOS.....	33
A. Descripción de la avifauna de bosques de pino-encino	33

B.	Abundancia, riqueza y diversidad	37
C.	Especies sensibles a cambios climáticos.....	40
D.	Gremios alimenticios	41
VII.	DISCUSIÓN	45
VIII.	CONCLUSIONES	52
IX.	RECOMENDACIONES.....	54
X.	LITERATURA CITADA	55
XI.	ANEXOS	57

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro 1. Número de especies e individuos por año	33
Cuadro 2. Riqueza, abundancia e índices de diversidad para el año 2017 (Año de Niño).	38
Cuadro 3. Riqueza, abundancia e índices de diversidad para el año 2018	39
Cuadro 4. Valores p para los índices evaluados.....	40
Cuadro 5. Datos de regresiones lineales para las especies seleccionadas.....	40

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Regiones utilizadas para determinar la presencia de el fenómeno climático El Niño.....	7
Figura 2. Clasificación de regiones climáticas en Guatemala según el INSIVUMEH.....	9
Figura 3. Diagrama de una red de niebla	17
Figura 4. Red de niebla colocada en el bosque de Tecpán.	28
Figura 5. Red de niebla colocada en el bosque de Tactic	28
Figura 6. Red de niebla colocada en bosque de San Bartolomé Milpas Altas.....	29
Figura 7. Red de niebla colocada en el bosque de Chajúl, Quiché	29
Figura 8. Myioborus miniatus capturado en red de niebla en el bosque de Tecpán	30
Figura 9. Cardelina pusilla capturado en red de niebla en el bosque de Tactic	30
Figura 10. Número de especies por familia durante el período de mayo a julio del 2017	34
Figura 11. Número de individuos por familia durante el periodo de mayo a julio del 2017	35
Figura 12. Número de especies por familias durante el periodo de mayo a julio del 2018	36
Figura 13. Número de individuos por familia durante el periodo de mayo a julio del 2018	36
Figura 14. Hylocichla mustelina capturado en Chajúl, Quiché (Hernández 2018).	37
Figura 15. Distribución de los gremios alimenticios para un año en donde ocurre el fenómeno climático de El Niño y otro en donde no ocurre	42
Figura 16 Distribución de especies por gremio alimenticio para el año del fenomeno climatico El Niño (2017).....	43

Figura 17. Distribución de especies por gremio alimenticio para el año en donde no ocurrió el fenómeno climático de El Niño (2018).44

RESUMEN

El fenómeno climático El Niño, se refiere a un incremento en la temperatura superficial del océano, específicamente en la parte central y oriental del Océano Pacífico Tropical. Esto se debe al cambio en los patrones normales del comportamiento de los vientos alisos en el Océano Pacífico tropical (Philander 1990). Los principales efectos que este fenómeno climático tiene, son cambios en patrones de lluvias, sequías, temporadas frías y elevación en la temperatura. En Guatemala la fase de El Niño, se caracteriza por la reducción de lluvias y por consiguiente temporadas prolongadas de sequía. Estos cambios en el clima afectan a todo el ecosistema, las aves reaccionan rápido a cambios climáticos debido a la movilidad que poseen, es por eso que son un grupo importante para los estudios relacionados con cambios climáticos.

El objetivo principal de esta investigación fue determinar si existe variación en la diversidad y abundancia de las aves asociadas a bosques de pino-encino respecto al fenómeno climático de El Niño durante los meses de mayo a julio. También se intentó identificar especies de aves sensibles a cambios climáticos y se evaluó la riqueza, abundancia y diversidad de especies de aves de los bosques de pino-encino, en Chajúl, Tecpán, Tactic y San Bartolomé Milpas Altas. Para esto se realizaron visitas de mayo a julio del 2017 y del 2018, en donde se alternó el muestreo en cada sitio, visitando todos los sitios una vez cada mes, durante una semana.

Se utilizó a metodología de redes de niebla, que consistió en colocar seis redes en cada sitio y revisarlas cada 30 minutos. Las aves capturadas se identificaron con ayuda de la guía de Fagan y Komar (2016), se registró el número de individuos por

especie y cuando fue posible se identificó el sexo de cada individuo. Después de registrar los datos, las aves se fotografiaron y posteriormente fueron liberadas.

Se utilizaron índices de diversidad y ANOVAS para determinar si existía diferencia entre la diversidad y abundancia de aves respecto al fenómeno climático El Niño, Además, se realizaron regresiones lineales en las cuales se evaluó si existía relación entre la abundancia de ciertas especies seleccionadas y las anomalías en temperatura del Niño.

No hubo diferencia significativa entre la abundancia ($P=0.58$) y riqueza ($P=0.23$) en los dos años, sin embargo, si hubo una diferencia significativa en la diversidad respecto al índice de Shannon ($P=0.035$), Simpson ($P=0.014$) y Simpson inverso ($P=0.011$). En donde el año con mayor diversidad para todos los índices siempre fue el año que no tuvo influencia del fenómeno climático de El Niño.

No hubo una tendencia o patrón respecto al comportamiento de la abundancia de las especies seleccionadas para la realización de las regresiones lineales, contra las anomalías en temperatura durante el fenómeno climático de El Niño.

ABSTRACT

The climate phenomenon El Niño refers to an increase in the surface temperature of the ocean, specifically in the central and eastern part of the Tropical Pacific Ocean. This is due to the change in the normal patterns of the behavior of alder winds in the tropical Pacific Ocean (Philander 1990). The main effects of this climatic phenomenon are changes in rainfall patterns, droughts, cold seasons and temperature rises. In Guatemala the phase of the Niño is characterized by the reduction of rainfall and consequently prolonged drought seasons. These changes in climate affect the entire ecosystem, birds are organisms that react quickly to climatic changes due to the mobility that these organisms possess, that is why they are an important group for studies related to climate change

The main objective of this research was to determine whether there is variation in the diversity and abundance of birds associated with pine-oak forests in relation to the climatic phenomenon of El Niño during the months of May to July. Likewise, it was attempted to identify species of birds sensitive to climatic changes, also assessed the richness, abundance and diversity of bird species in the pine-oak forests, in Chajúl, Tecpán, Tactic and San Bartolomé Milpas Altas. For this, visits were made from May to July of 2017 and 2018, where the sampling were alternated at each site, visiting all the sites once every month, for a week.

The methodology used were mists nets, six in each site, these were cheked every 30 minutes, the organism that was caught, was identified with the field guide Fagan and Komar 2016, the number of individuals was recorded and when possible identified the sex of the individual, all species were photographed and subsequently released.

The analyses that were used to determine whether there was a difference between diversity and abundance with regard to the climatic phenomenon El Niño, were diversity indices and ANOVAs to compare the data in the two years. Linear regressions were also carried out in which it was assessed whether there was a relationship between the abundance of certain selected species and the anomalies in temperature of the child.

There was no significant difference between abundance ($p = 0.58$) and richness ($p = 0.23$) in the two years, however, there was a significant difference in diversity from the Shannon index ($p = 0.035$), Simpson ($p = 0.014$) and inverse Simpson ($p = 0.011$). Where the year with the greatest diversity for all the indexes was always the year that was not influenced by the climatic phenomenon of El Niño.

There was no trend or pattern regarding the behavior of the abundance of the species selected for the realization of the , against the anomalies in temperature during the climatic phenomenon of El Niño.

I. INTRODUCCIÓN

El fenómeno climático El Niño, se refiere a un incremento en la temperatura superficial del océano, específicamente en la parte central y oriental del Océano Pacífico Tropical. Esto se debe al cambio en los patrones normales del comportamiento de los vientos alisos (Philander, 1990). Los principales efectos que este fenómeno climático tiene, son cambios en patrones de lluvias, sequías, temporadas frías y elevación en la temperatura. En Guatemala la fase de El Niño, se caracteriza por la reducción de lluvias y por consiguiente temporadas prolongadas de sequía, las repercusiones de este fenómeno sobre la población guatemalteca se enfocan principalmente en el riesgo en la seguridad alimentaria y en la subsistencia de los agricultores (Briones, 2017).

Conocemos los efectos que este fenómeno climático puede tener sobre la vida humana, sin embargo, se desconocen las repercusiones que este fenómeno tiene sobre la fauna en Guatemala. Los estudios que se han realizado internacionalmente con aves, están enfocados principalmente en aves marinas en las cuales se ha visto cómo este fenómeno ha disminuido poblaciones de aves, debido a la disminución en la disponibilidad de alimento y del éxito reproductivo. A pesar de eso, algunas especies logran cambiar sus ciclos de reproducción dependiendo la disponibilidad de alimento. Por eso es importante conocer los patrones de respuesta que tendrán las poblaciones en nuestro país y así poder identificar especies que sean susceptibles a estos cambios climáticos (England, 2000).

En esta investigación se estudió la variación en la diversidad y abundancia de aves asociadas a bosques de pino-encino, respecto al fenómeno climático El Niño. Se trabajó en cuatro distintos parches de bosque de pino-encino, en donde se obtuvieron datos de diversidad, abundancia y riqueza de las especies. El estudio se

realizó de mayo a julio del 2017, que fue año en donde se presentó el fenómeno climático de El Niño y de mayo a julio del 2018 en donde no hubo fenómeno climático involucrado. Con los datos generados se identificó si el fenómeno climático de El Niño afectó a las poblaciones de aves en bosques de pino-encino.

Palabras clave: El Niño, diversidad, abundancia, índices, aves, bosque pino-encino.

II. ANTECEDENTES

A. Fenómeno climático El Niño

La primera vez que se utilizó este término, fue en el norte de Perú, en donde los pescadores se dieron cuenta de la aparición de flujos inusualmente cálidos a lo largo de la costa (Pizarro y Montecinos, 2005). A este fenómeno se le llamó “corriente del Niño”, el cual hacía referencia al Niño Jesús debido a que se presentaba de una manera más marcada después de Navidad.

A finales de los sesenta, el meteorólogo noruego, Jacob Bjerknes, dio a conocer un nuevo enfoque de la interrelación que presentaba el océano y la atmósfera en el Pacífico tropical. Él expuso que el principal factor que afectaba el cambio en las temperaturas marítimas, eran los vientos alisos que vienen del este a lo largo del ecuador. Los vientos alisos son parte de una celda de circulación que está vinculada a la diferencia de temperatura entre la parte oriental y la occidental del Pacífico tropical, a esta celda se le conoce como “circulación de Walker’ (Werlinger, *et al.* 2005), en honor al meteorólogo Gilbert Walker, que había descubierto cuatro décadas antes la Oscilación del Sur (Maturana, Bello y Manely, 2004).

Se conoce como oscilación del sur (OS), a los cambios cíclicos de las condiciones atmosféricas sobre los Océanos Pacífico e Índico ecuatoriales (Fernández y Ramírez, 1991). Existen dos fases en las que actúa la OS, la primera es la fase positiva en donde la presión atmosférica es relativamente alta en el sureste del Océano Pacífico y baja en el Pacífico Occidental. La fase negativa se da cuando las anomalías de presión son opuestas a las descritas en la fase positiva (Aceitunoy Montecinos, 1993).

Se utiliza un índice de oscilación del sur (IOS), para medir las dos fases de la OS. Este índice mide la diferencia de la presión atmosférica entre Tahití y Darwin (Fernández y Ramírez, 1991). Uno de los cambios más grandes en el sistema océano-atmósfera durante la oscilación del sur, es la presencia del fenómeno ENOS

(El Niño-Oscilación del Sur). Este fenómeno está asociado al calentamiento de la capa oceánica en gran parte del Pacífico ecuatorial.

El Niño- Oscilación del Sur (ENOS), fenómeno climático El Niño o ENSO por sus siglas en inglés, es un fenómeno que se da debido a oscilaciones en el hemisferio sur entre el océano Pacífico ecuatorial y fluctuaciones de la atmósfera (IMN, 2018), este se caracteriza por presentar un aumento en la temperatura superficial del mar de una magnitud igual o superior a 0.5 grados Celsius, causando importantes perturbaciones hidroclimatológicas (Hernández y Puga 1995). Este fenómeno se asocia a los cambios en los períodos de lluvia en los trópicos, ya que en los lugares en donde habitualmente llueve, se producen sequías y viceversa.

El Niño se manifiesta por un aumento en la temperatura superficial del mar (TSM) y una disminución de los vientos alisios en el lado este del océano Pacífico (Maturana; Bello y Manley, 2004). Este fenómeno provoca cambios en la cantidad de lluvia, la temperatura del aire en la superficie terrestre, las corrientes en los ríos, producción agrícola, equilibrio en ecosistemas, ciclones tropicales y en enfermedades (Holbrook, *et al.* 2012).

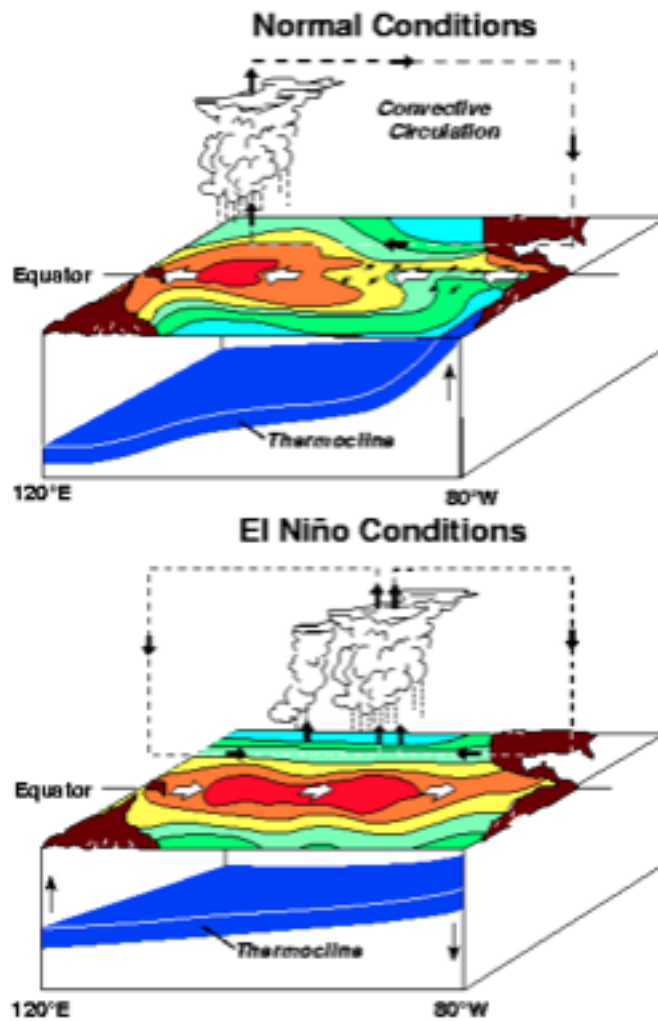


Figura 1. Condiciones normales vrs. condiciones durante el fenómeno del Niño (Fernández y Ramírez, 1991).

En condiciones normales (Figura 1) en el Océano Pacífico, los vientos alisos viajan de este a oeste a lo largo del ecuador, empujando consigo el agua caliente de la superficie al lado occidental del océano (América del Sur), cerca de Asia y Australasia. Del otro lado del océano (América del Sur y América Central), a medida que el agua caliente se aleja de la costa, esta es reemplazada por agua fría proveniente de las profundidades del océano. Esta agua fría es rica en nutrientes, por lo que promueve altos niveles de producción primaria. La lluvia y las nubes prevalecen en aguas más cálidas, cerca de Asia, mientras que en Pacífico oriental el clima es bastante seco (Sarachik y Cane, 2010).

En la Figura 1, la termoclina, línea que separa dos masas de agua que presentan diferente temperatura (Pérez y Ramírez, 1992), está representada por el color azul. En condiciones normales, la termoclina está a 20°C y desciende desde Asia hacia América del Sur a medida que los vientos alisos acumulan agua cálida frente a las costas de Asia (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2018).

Cuando ocurre el fenómeno climático de El Niño, los vientos alisos que viajan de este a oeste se debilitan, lo que ocasiona que la termoclina se aplane (Figura 1), debido a la depresión de la termoclina en el Pacífico oriental y a la elevación de la termoclina en el oeste. Las presiones altas en el Pacífico Este disminuyen y las presiones bajas cerca de Australia e Indonesia aumentan. Debido a estos cambios en presiones, el agua caliente se desplaza hacia el este, lo que provoca una convección y lluvias fuertes causadas por el aumento de la flotabilidad del aire que se calienta por el agua subyacente. A medida que el agua caliente se acumula en el lado este del océano, esta inhibe el surgimiento de agua fría y rica en nutrientes (Sarachik y Cane, 2010).

Se logró determinar objetivamente el inicio y la finalización de los eventos del Niño, por medio de la utilización de un índice propuesto por el Dr. Kevin Trenberth, en 1997. Este científico propuso utilizar anomalías de TSM en la región conocida como Región Niño 3.4 (5N-5S entre 170W-120W). Se utiliza una media móvil de cinco meses, en los cuales si se excede 0.4°C por seis meses consecutivos o más, se está dando el fenómeno del El Niño (Climate Data Guide, 2016).

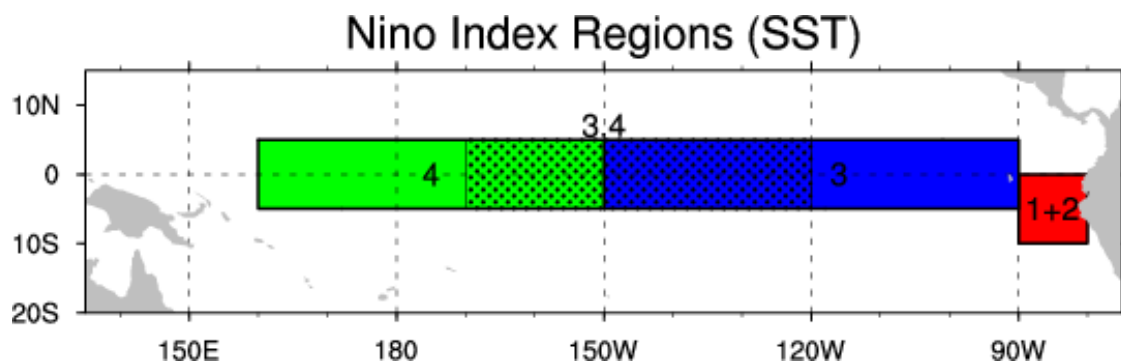


Figura 2. Regiones utilizadas para determinar la presencia de el fenómeno climático El Niño

(Climate Data Guide, 2016).

Existen varias propuestas que intentan describir el mecanismo de funcionamiento del ENOS, entre ellos están: La teoría del oscilador de acción retardada, descrita por Suarez y Schoff en 1988, la teoría del oscilador advectivo-reflexivo (Picaut, Masia y Du Penhoat, 1997), teoría del oscilador del Pacífico occidental (Weisberg y Wang, 1997), la teoría del oscilador de recarga-descarga (Sheinbaum, 2003) y la teoría del oscilador unificado (Sheinbaum, 2003).

El Niño es un fenómeno climático que se da constantemente, el cual tiene una repercusión a nivel mundial. La variabilidad climática que provoca este fenómeno, tiene impactos no solo ambientales, sino también de carácter socioeconómicos. Algunos de los efectos son cambios en la cantidad de lluvia, temperatura del aire, el flujo de los ríos, producción agrícola, en los ecosistemas, ciclones tropicales y en enfermedades (Ropelewski & Halpert, 1987).

En América del Sur se incrementa el riesgo de inundaciones en la costa oeste, sin embargo, en la parte este el riesgo a las sequías es mucho más alto durante el fenómeno del El Niño. En general, este fenómeno climático causa un aumento en las lluvias en el lado este del Pacífico y un clima seco en las partes occidentales (Holbrook, *et al.* 2012). En países como Asia, algunos de los efectos económicos que tiene el fenómeno climático de El Niño se enfocan en la producción de arroz, que decrece debido al incremento en las sequías en el lado occidental. Para los

países en donde el cultivo de arroz es la base de la economía, es necesario tener ciclos de lluvia continuos para la cosecha de este grano, por lo que El Niño afecta negativamente a la economía de países asiáticos (Pizarro y Montecinos, 2005).

B. Clima en Guatemala

Guatemala es un país que tienen una superficie territorial de 108,998 km², ubicado en la región subtropical del hemisferio norte. Cuenta con una gran variedad climática, ya que sus condiciones geográficas son muy variadas, presentando elevaciones que van desde el nivel del mar, hasta los 4,220 metros sobre el nivel del mar (CONAP, 2008). El 20 por ciento del país se encuentra a elevaciones mayores a los 1,700 metros sobre el nivel del mar.

Se considera a Guatemala como un país subtropical porque recibe cantidades altas de radiación solar al año, debido a esto los cambios que ocurren en el clima no son muy marcados. En el territorio guatemalteco se diferencian únicamente dos variaciones del clima, las épocas que se diferencian son: La época lluviosa (mayo a octubre) y la época seca (noviembre a abril) (INSIVUMEH, 2018). Sin embargo, es importante mencionar que estas épocas tienden a variar debido a diferentes factores ambientales, los cuales pueden provocar que se extiendan o acorten las épocas.

Durante la época lluviosa se debilita la intensidad de los vientos alisios y por lo tanto la zona de convergencia intertropical (ZCIT) se aproxima a la latitud cercana a Guatemala, a su vez se desprenden sistemas nubosos de la costa africana que son transportados por los vientos alisios del Este, los cuales llevan la lluvia al territorio guatemalteco. La temporada de lluvia se concentra en los meses de Mayo a Octubre (Ruano y Milan, 2014), sin embargo durante julio y agosto existe un periodo seco que se conoce como canícula (INSIVUMEH, 2018b).

En la época seca se incrementa la presión atmosférica y las masas de aire frío migran, lo que causa un descenso de la temperatura (INSIVUMEH, 2018b) e incremento en la velocidad del viento, generalmente se da de noviembre a febrero, esta época “Fría”. La época seca abarca los meses de noviembre a abril, en donde las temperaturas más intensas y prologadas se registran justo al final de esta temporada (Franco, 2015). Debido a las características geográficas del territorio guatemalteco, se establecieron ocho regiones climáticas que organizan a los departamentos que poseen las mismas características climáticas locales.

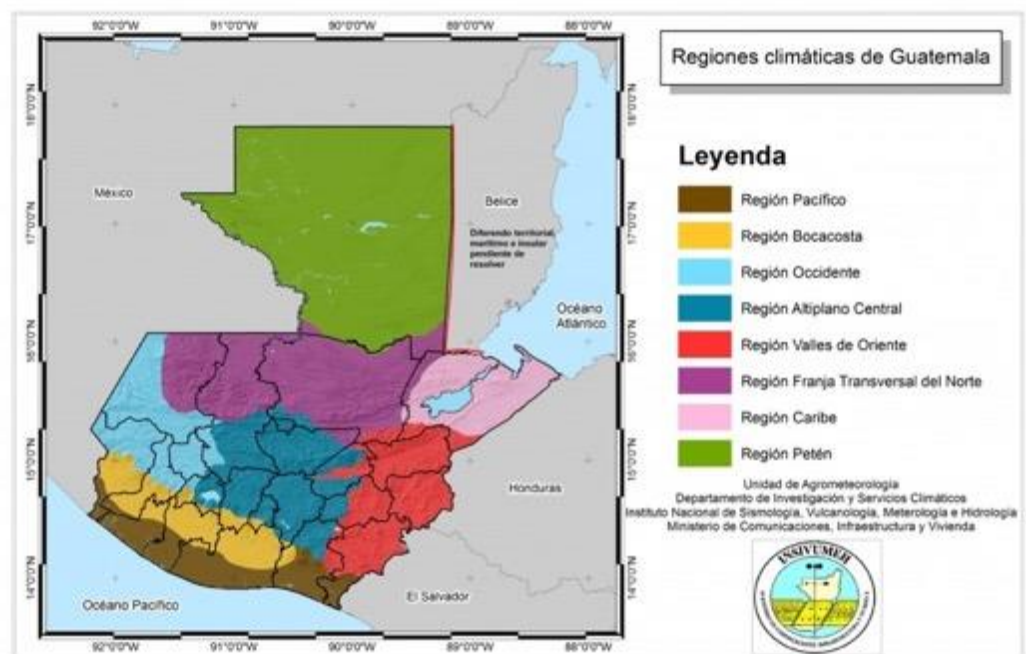


Figura 3. Clasificación de regiones climáticas en Guatemala según el INSIVUMEH (INSIVUMEH, 2008)

La primera región climática se conoce como la región Caribe, esta incluye la parte norte y central del departamento de Izabal. En esta región, la lluvia oscila entre 3230 a 3726 mm anuales, en el 2006 se registró la máxima lluvia (4564 mm) y la lluvia mínima fue de 1745.7 en el año 1977, una de las características es que

esta región presenta lluvia durante todo el año. La temperatura media anual tiene a estar entre los 25.8 a 26.6°C (INSIVUMEH, 2018b).

La segunda región climática se conoce como la Región Valles del Oriente, comprende en su totalidad el departamento de Zacapa y Chiquimula, la parte norte y central del departamento de Jutiapa y la parte noreste del departamento de Jalapa (Figura 2). La principal característica de esta región es la deficiencia de lluvia, esta es la región que menos lluvia recibe anualmente, con un promedio de 700 a 1300 mm y la temperatura promedio anual es de 28.1°C (INSIVUMEH, 2018b).

La tercera región se conoce como la Región del Occidente, comprende la parte noroeste y suroeste del departamento de Huehuetenango, la parte norte del departamento de San Marcos, la parte norte del departamento de Quetzaltenango y la totalidad del departamento de Totonicapán. Esta región es la más montañosa del territorio guatemalteco, lo que la caracteriza por presentar una diversidad de microclimas. Las lluvias son de baja a intensidad media, con un promedio anual de 951.4 mm y la temperatura de la región oscila entre los 15°C (INSIVUMEH, 2018b).

La cuarta región se conoce como la Región Boca Costa, es una línea angosta que se extiende a lo largo del departamento de San Marcos, Quetzaltenango, Suchitepéquez, Escuintla y una pequeña parte de Santa Rosa. La temperatura va en aumento mientras más se desciende hacia el litoral hasta alcanzar estabilidad en los lugares más cercanos al mar. Presenta un promedio de lluvia anual de 190 a 660 mm y una temperatura promedio de 28.7 °C. Esta región posee los índices más altos de precipitación, la cual es escasa en los primeros meses del año y se intensifican a partir de mayo (INSIVUMEH, 2018b).

La quinta región se conoce como la Región Pacífico, esta región se encuentra debajo de la región anterior, que abarca la parte norte de los departamentos de San Marcos, Retalhuleu, Suchitepéquez, Escuintla, Santa Rosa y Jutiapa. Se encuentra

de los 0-600 msnm, presentando niveles altos de temperatura. Tiene un promedio de lluvia anual de 1654 mm, en donde existe deficiencia de lluvia en algunos meses del año. La temperatura promedio anual es de 30°C, con una tendencia al incremento (INSIVUMEH, 2018b).

La sexta región se conoce como la Región del Altiplano Central. Esta región abarca los departamentos de Baja Verapaz, Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango, la parte sur del Progreso, parte oeste de Jalapa, la parte sur de Quiché y la parte suroeste de Santa Rosa. Presenta un promedio de lluvia anual de 1341.3 mm y una temperatura promedio de 21°C (INSIVUMEH, 2018b).

La séptima región se conoce como la Región de la Franja Transversal del Norte, comprende los departamentos de Alta Verapaz, la parte norte de Quiché y la parte Noreste del departamento de Huehuetenango. Es una región que presenta cantidades altas de lluvia, las latitudes están entre los 900 a 2000 metros sobre el nivel del mar. Tienen un promedio de lluvia anual de 2319.3 mm, con una temperatura promedio de 21°C (INSIVUMEH, 2018b).

La última región se conoce como la Región del Norte, la cual comprende el departamento de Petén. Las altitudes de este sitio van de los 0 a los 900 metros sobre el nivel del mar, generalmente presenta lluvias durante todo el año. Presenta un promedio de lluvias anuales de 2309.3 mm y una temperatura anual promedio de 30°C (INSIVUMEH, 2018b).

C. Importancia de las aves en el ecosistema

Las aves son el grupo de vertebrados que más se utiliza para evaluar impactos ambientales y otros cambios en el ambiente. Esto se debe a que su mayoría la conforman especies diurnas y conspicuas, es posible atraparlos y marcarlos con anillos en las patas, además la mayoría de las especies tienen cuidado parental materno y esto hace posible la medición de las tasas reproductivas de forma segura,

comparado con especies que no tienen cuidado parental. Otra de las razones más importantes radica en el gran interés alrededor de este grupo de vertebrados por lo que hay muchos observadores alrededor de mundo que generan registros importantes (Tabur y Ayvaz, 2010).

Debido a las características que se mencionaron anteriormente, también es importante conocer el valor o el servicio que este grupo de vertebrados presta al ser humano. Existen cuatro clases de servicios ecosistémicos, los cuales son: servicio de provisión, servicio cultural, servicio de regulación y servicio de apoyo. Las aves aportan a las cuatro clases de servicios ecosistémicos. En general el valor ecológico que las aves prestan, radica en apoyar y regular servicios, como el control de plagas y la dispersión de semillas. La prestación de estos servicios por parte de las aves, son resultado del comportamiento de forrajeo, ya que a través del forrajeo las aves actúan como un vínculo que transfiere energía al ecosistema (Gross *et al.*, 2006).

El forrajeo se conoce como la actividad de consumir y procesar recursos, más del 50% de las aves tienen una dieta insectívora, lo que los hace reguladores de plagas en cultivos y el 75% de aves come invertebrados ocasionalmente. Por lo que es posible decir que la mayoría de especies de aves tienen un papel muy importante en la regulación de plagas en cultivos y a su vez en el éxito de las siembras.

El servicio de provisión se da no solo en aves de corral o domesticadas, sino también en especies no domesticadas. La alimentación de los humanos desde tiempos atrás, ha incluido el ave como alimento principal en los platillos, ya que se sabe que es una buena fuente de proteína para el ser humano (Whelan, Sekercioglu y Wenny, 2015).

D. Efecto del cambio climático en las aves

Las aves son el grupo de vertebrados más estudiados a lo largo del mundo, estos son un grupo indicador importante sobre los efectos del cambio climático, sobre

todo en ambientes tropicales (Sekercioglu, Primack y Wormworth, 2012). El trópico es territorio de crianza para más de 3,000 especies de aves (Lijtmaer, Kerr, Barreira, Hebert y Tubaro, 2011), lo que lo hace un lugar geográfico importante para la conservación de estas especies. Así mismo la mayoría de las aves tropicales, son sedentarias y especies endémicas aisladas en montañas, por lo que las hace más vulnerables al cambio climático.

El cambio climático conjunto con la pérdida de hábitat, son las amenazas más grandes hacia la diversidad biológica. Las aves son una herramienta muy importante para evaluar el cambio climático, ya que alrededor del mundo existen personas que las monitorean, contribuyendo a las extensivas bases de datos. El cambio climático va a afectar principalmente a las aves tropicales de montaña, especies sin acceso a elevaciones más altas, especies de bosques costeros y de distribución restringida (Sekercioglu *et al.*, 2012).

Estas especies susceptibles, tienen geografía, hábitats y rangos de distribución restringidos, lo que las hace tener interacciones con el cambio climático mucho más drásticas. El aumento de temperatura es una de las principales preocupaciones del cambio climático, ya que esto hará que se pierda hábitat a ciertas elevaciones. Debido a que el endemismo es mayor en elevaciones altas en los trópicos, el cambio en la temperatura va a tener un efecto mucho mayor en los vertebrados del trópico (McCain, 2009). Así mismo la temperatura afectará los procesos de evapotranspiración y la producción primaria neta, por lo que la vegetación en el trópico también se verá afectada (Delire, Ngomanda y Jolly, 2008).

Entre estas especies susceptibles están las especies tropicales de montaña, el riesgo de extinciones aumenta mientras los rangos altitudinales se van haciendo más estrechos, ya que si analiza el área de ocupación de una especie que habita en lo alto de una montaña, comparado con la que habita en la base de la montaña, la que se encuentra en lo alto de la montaña tiene una menor área de ocupación (Sekercioglu *et al.*, 2012). En los lugares en donde las temperaturas se reduzcan o

aumenten, las especies de montaña tendrán que buscar hábitats adecuados a sus necesidades, montaña arriba y las especies endémicas a tierras altas en los trópicos son las que estarán más susceptibles (Shoo, Williams y Hero, 2005).

Otro de los efectos del cambio climático, es el cambio en la distribución de las aves y la abundancia en la cadena trófica respecto a la disponibilidad de alimento. El ejemplo más específico son los cambios poblacionales en aves marinas en relación a la productividad del océano (Butler y Taylor, 2005). La producción del océano ha ocurrido estacionalmente, de una manera normal; sin embargo durante los años de ENOS, algunas de las aves posponen la reproducción y ocurre una mayor tasa de mortalidad, comparado con años de no ENOS (Duffy, 1993). Debido al calentamiento que se da en el océano debido al fenómeno climático El Niño, la productividad primaria en el mismo decrece.

El vínculo entre los procesos que ocurren en el océano y el éxito de crianza y sobrevivencia de las aves, es un importante tema a estudiar, ya que se sabe que la distribución a nivel mundial y abundancia de las aves playeras, está positivamente relacionada a la cantidad de producción de la zona costera, en aguas adyacentes a los hábitats costeros en donde estas aves pasan el invierno (Butler y Taylor, 2005). En resumen, se sabe que lo que relaciona la abundancia de aves acuáticas a procesos climáticos, está asociado a la disponibilidad de nutrientes en la cadena alimenticia.

Los estudios que se han hecho con poblaciones de aves acuáticas, sugieren que la disponibilidad de nitratos llevada por las corrientes del océano y el afloramiento son clave para el crecimiento de plancton y de las especies presa que son alimento para las aves marinas. En las playas de los trópicos, la presencia de invertebrados y peces pequeños coincide con el tiempo de afloramiento de fosfatos en las playas. Por lo que es importante el estudio del cambio climático en los procesos naturales de los océanos y cómo estos intervienen en la abundancia y diversidad de aves (Butler y Taylor, 2005).

E. Importancia de bosques de pino-encino

Las coníferas fueron las primeras plantas en colonizar la tierra, entre estas plantas, se encontraban algunas del género *Pinus*. Se estima que este género evolucionó en el período Jurásico, hace aproximadamente 200 millones de años (Sánchez, Vega, Peters y Monroy-Vilchis, 2003). Se cree que la segunda colonización importante de plantas, fueron las del género *Quercus*, hace aproximadamente 35 millones de años. Debido a las glaciaciones durante el Pleistoceno, hace 2 millones de años, los bosques de pino-encino cubrieron inclusive tierras bajas, que hoy en día posee un clima tropical. Sin embargo, luego de que el clima volvió a la normalidad, estos bosques de pino-encino fueron desplazados por plantas selváticas a altitudes mayores en las montañas (Graham, 1993).

En la actualidad los bosques de pino-encino se encuentran a un rango altitudinal de 600 a 1,800 m.s.n.m. (Harcourt y Sayer, 1996). Muller (1942), estima que existen alrededor de 400 especies de *Quercus* en todo el mundo y en Centroamérica se distribuyen 46 especies en donde la mayoría se encuentran en el altiplano de Guatemala, específicamente en los departamentos de Guatemala, Chimaltenango, Quetzaltenango, Quiché, Huehuetenango y San Marcos. Para Guatemala se conocen 12 especies de encino de corteza suave y 15 especies de corteza dura (Standley y Steyermark, 1952), siendo especies importantes como hábitat de distribución de especie de fauna.

La importancia de este género, es principalmente maderable, debido a la resistencia que esta madera presenta, pero también se utiliza como combustible o leña (Melgar, 2003). Una de las importancias que resalta, es la diversidad de fauna que esta eco región (pino-encino) presenta. Las tierras altas de América Central, en donde se distribuyen la mayoría de los bosques de pino-encino, se conocen por ser

una región endémica para aves y a su vez son territorio invernal para muchas especies migratorias (WWF, 2016).

En el 2003, la Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica, se enfocó en el estudio y monitoreo de poblaciones de un ave migratoria para Guatemala. Esta ave se conoce como el chipe de mejillas doradas (*Setophaga chrysoparia*), pertenece a la familia Parulidae y es de tamaño pequeño, aproximadamente 15 cm. Los machos adultos se caracterizan por un rostro amarillo brillante con una línea negra que atraviesa la cabeza. La corona, garganta y la espalda son de color negro (Quezada, Rodas y Marroquín, 2016).

Setophaga chrysoparia es una especie migratoria neotropical. Se encuentra restringida a 18 municipios de Texas y parte del sur de México, Guatemala y Honduras (Cobar, 2010). La especie está considerada En Peligro (EN) por la lista roja de Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), debido principalmente a la disminución y fragmentación de su hábitat para la expansión agrícola y urbana, tanto invernal como reproductiva (Birdlife International, 2016). Los miembros de esta especie pasan menos del 47% de su ciclo de vida en Texas y pasan aproximadamente siete meses del año en hábitats fuera de Estados Unidos como transeúntes o en sus sitios de invierno (sur de México, Guatemala y Honduras) (Cóbar, 2010).

Existen otras especies importantes para la conservación que sus rangos de distribución concuerdan con la localización de bosques de pino-encino. Entre esas especies están la *Tangara cabanisi*, que es una especie de la familia Thraupidae que se encuentra En Peligro (EN) en la lista roja de Unión Internacional para la conservación de la Naturaleza (IUCN). Estos bosques también son hogar de aves con rangos de distribución restringida como lo son *Otus barbarus*, *Xenotriccus callizonus*, *Cardellina versicolor* y *Carduelis atriceps*, que están clasificados como Casi Amenazados (NT). Algunas otras especies importantes para estos bosques son: *Strix fulvescens*, *Lampornis sybillae*, *Atthis ellioti*, *Aspatha gularis*, *Notiochelidon*

pileata, *Troglodytes rufociliatus*, *Melanotis hypoleucus*, *Turdus rufitorques*, *Icterus maculialatus* y *Cyanocorax melanocuaneus* (WWF, 2016).

F. Redes de niebla

Las redes de niebla se han usado desde hace miles de años; sin embargo, la utilidad de estas ha ido evolucionando con el tiempo. Hace 300 años eran usadas para la cacería de aves, hoy en día se usan para el monitoreo de poblaciones de aves en hábitats naturales, por lo tanto, han sufrido modificaciones que han mejorado el método de captura para el estudio de estos organismos.

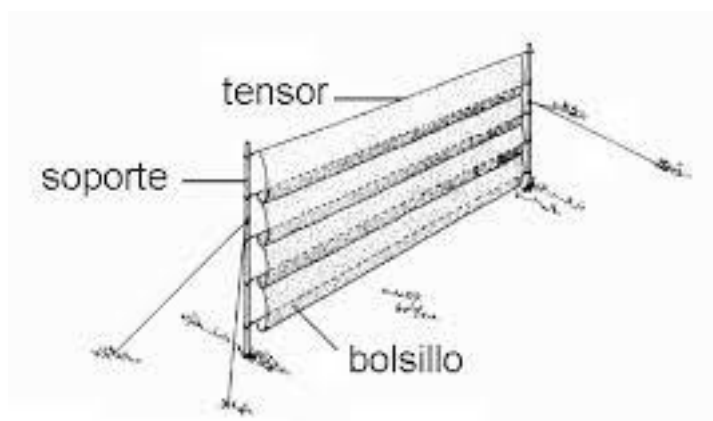


Figura 4. Diagrama de una red de niebla

(Cóbar, 2010).

Las redes de niebla que se usan actualmente para la captura de aves, están hechas de nylon, que es un material muy delgado y liviano. La red está compuesta por cuatro bolsas o bolsillos (ver Figura 3), por lo que al momento de que un ave vuele a través de la red, va a quedar atrapada en esas bolsas. Usualmente se utilizan barrillas de aluminio para sujetar la red; sin embargo, es posible utilizar árboles que se encuentren alrededor del área de estudio para colocarla. Otro factor importante es el tamaño del poro, ya que se generan diferentes tasas de captura y selectividad de ciertas especies dependiendo del tamaño que se elija.

Para la selección del lugar en donde se colocará la red, es importante conocer la preferencia de hábitat de la especie a estudiar, sin embargo, es preferible colocarlas en lugares en donde no reciban tanta luz o contra un fondo oscuro, que esté protegido del viento. La tasa de captura varía respecto al clima, ya que se ha reportado que en días muy soleados y húmedos, se incrementa la visibilidad de la red y por lo tanto las tasas de captura son bajas. Días con nubosidad están asociados a altas tasas de captura (Keyes y Grue, 1982).

G. Diversidad biológica o biodiversidad

La RAE define diversidad como algo variado, que tiene gran cantidad de varias cosas. La diversidad es una propiedad que representa a un conjunto de objetos por tener características distintas, no ser idénticas entre sí. El término diversidad biológica o biodiversidad, se refiere a los diferentes organismos vivos en un hábitat o zona geográfica determinada. En términos biológicos, la diversidad biológica describe la variedad de especies dentro de un área determinada (Glowka, 1996).

El primero en usar el término biodiversidad fue E. Wilson en 1988 y desde ese entonces ha sido difícil de definir sin entrar a discusiones extensas. Incluso algunos de los ecólogos, han propuesto abandonarlo, ya que se puede definir e interpretar de varias maneras (Peet, 1974). Al momento en el que la diversidad biológica se trata sobre la variabilidad de vida, esta toma en cuenta la composición, estructura y función de la misma (Savard, 2000). La biodiversidad trasciende a todos los niveles de vida, ya que abarca desde los genes hasta las comunidades y todas las escalas temporales y espaciales.

Debido a la amplitud que abarca este término, los ecologistas y los biólogos conservacionistas, se enfocan principalmente en el nivel de biodiversidad de la especie. Sin embargo, también se enfocan en niveles más altos de clasificación como biodiversidad de géneros, familias u órdenes. La biodiversidad puede ser

cuantificada usando herramientas matemáticas, que involucran el número de especies (riqueza) y la equidad de especies, que se refiere a que tan balanceadas están las abundancias de cada especie presente en un sitio, definiendo abundancia como el número de individuos presentes de una especie en particular (Armsworth; Kendall y Davis, 2004).

1. Abundancia de especies

Se define abundancia de especies como el número de individuos por especie que se encuentran en un sitio determinado. También existe el término abundancia relativa, que se refiere a la equidad de la distribución de los individuos de las especies de una comunidad (Peet, 1974).

2. Riqueza de especies

La riqueza de especies es una medida de la biodiversidad, que se define como el número de especies de un taxón en particular o forma de vida que caracteriza una comunidad biológica, hábitat o ecosistema (Colwell 2009).

La riqueza es un indicador de la riqueza relativa de especies en una comunidad, sin embargo, es importante resaltar que depende del tamaño de la muestra, ya que mientras más grande sea esta, el número de especies esperadas aumentará. Para medir la riqueza de un área, existen dos índices que involucran el tamaño de la muestra, estos índices son el índice de Margalef's (DMg) y el de Menhinick's (DMn). , representados por las ecuaciones 1 y 2.

$$(1) \quad D_{Mg} = \frac{(S-1)}{\ln N} \quad D_{Mn} = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

(Gamito, 2010)

En donde N es el número total de individuos en la muestra y S el número de especies vistas (Gamito, 2010).

3. Índices de diversidad de especies

Los índices de diversidad son una manera matemática de medir la diversidad de especies en una comunidad, ya que estos generan datos numéricos que pueden ser interpretados. A continuación, se detallarán algunos índices utilizados para medir la diversidad de un sitio.

4. Índice de Shannon

Este índice se basa en que la heterogeneidad depende del número de especies en una comunidad y sus abundancias proporcionales. Este índice es una “medida del promedio de la incertidumbre para predecir para una especie, un individuo sea escogido al azar de una muestra, de un grupo total de S especies y N individuos”. En una comunidad homogénea con cierto número de especies, en donde solo una especie es dominante, el grado de incertidumbre de elegir cierta especie, es si se compara con una comunidad en donde todas las especies tienen la misma abundancia (Peet, 1974). Este índice es mucho más sensible al momento de que ocurran cambios en especies raras.

$$(2) \quad \text{Shannon Index (H)} = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

(Casanoves y Di Rienzo, 2012)

En donde p, es la proporción (n/N) de individuos encontrados de una especie en particular (n), dividida por el número total de individuos encontrados (N), ln es logaritmo natural y S es el número de especies, este índice asume que todas las especies están representadas dentro de la muestra (Casanoves y Di Rienzo, 2012).

Los resultados de este índice están entre 1.5 a 3.5 en la mayoría de estudios ecológicos, este valor raramente es mayor a 4. Este índice incrementa al momento en el que la riqueza y la equidad de la comunidad incrementan.

5. Índice de Simpson

Este índice mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar de una muestra, vayan a pertenecer a la misma especie. Es importante darse cuenta que si se obtiene una probabilidad alta, es debido a la baja diversidad de la muestra. Este índice es mucho más sensible a los cambios en especies comunes, se utiliza mayormente para comunidades finitas, en donde todos los individuos y especies han sido contados.

$$D = \sum (n / N)^2$$

(3)

(Peet, 1974)

En donde n es el número de individuos de una especie y N el número total de individuos para todas las especies en la comunidad. Para este índice se obtienen resultados que van de 0 a 1, en donde los valores cercanos a 1 presentan menor diversidad y mientras mas se acerca el valor a 0, mayor es la diversidad (Peet, 1974).

Este índice se conoce como Índice recíproco de Simpson, en donde el valor inicia con 1, siendo este el resultado más bajo que se puede obtener, y se interpreta como que existe una sola especie en la comunidad. Mientras más alto sea el valor obtenido, mayor es la diversidad del sitio y es importante entender que el resultado máximo será el número de especies en la muestra (Colwell, 2009).

6. Índice de Berger-Parker

Este índice depende únicamente de la equidad, es el inverso de la proporción de individuos en la comunidad que pertenecen a la especie más común o dominante de la comunidad. Si el valor del índice es alto, significa que la comunidad esta dominada por la especie mas común, en otras palabras, la abundancia de las

$$d = N_{\max} / N$$

especies no es equitativa. A continuación, se detalla la fórmula que se utiliza para calcular este índice (Peet, 1974).

(4)

(Peet, 1974)

En donde Nmax es el número de individuos de la especie mas abundante y N es el total de numero de individuos en la muestra.

7. Igualdad (Evenness)

Este término se refiere a la similitud que existe respecto al número de individuos de distintas especies dentro de una comunidad, por lo tanto, cuantifica qué tan igual es la comunidad numéricamente. La ecuación que se utiliza se describe a continuación.

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}} \quad (\text{R topics, 2018})$$

(5)

En la ecuación H, se refiere al número derivado del Índice de Shannon y Hmax es el máximo valor posible de H. Este índice da valores de 0 a 1, en donde la menor igualdad en la comunidad esta dada por 0 y 1 se refiere a la mayor igualdad entre las especies de la comunidad (R topics, 2018).

III. JUSTIFICACIÓN

Entender el efecto del clima en la composición de las comunidades y como éste cambia a lo largo del tiempo y espacio, es importante para la ecología, ya que el clima y las condiciones ambientales intervienen en el desempeño de los individuos y como resultado de eso en la abundancia, distribución y diversidad de especies (Guo, Lenoir y Bonebrake, 2018).

Es importante conocer el efecto que las comunidades tienen respecto a su abundancia y distribución, ya que es necesario saber qué especies tienen la misma tolerancia ambiental y por lo tanto van a reaccionar en conjunto al momento de presentarse cualquier cambio en el ambiente. El cambio en una sola variable climática no afecta a las comunidades, por lo que es necesario utilizar un conjunto de variables climáticas para obtener resultados mucho más certeros (Mueller *et.*, 2015).

Los estudios actuales sobre el clima se han enfocado en los efectos locales que tienen algunos factores climáticos sobre la distribución y diversidad de las especies, sin embargo, la utilización de patrones climáticos a gran escala provee un cuadro mucho más amplio del efecto que estos fenómenos tienen sobre las especies (Parmesan y Yohe, 2003).

La utilización de patrones climáticos o índices climáticos ayudan a reducir espacios complejos y la variabilidad del tiempo (Stenseth *et al.*, 2003). Los índices climáticos como La Oscilación del Atlántico del Norte (OAN) y el Niño Oscilación del sur (ENOS), han demostrado ser de gran utilidad para los ecólogos, ya que estos patrones son temporales y pueden compararse año con año (Glynn, 1988).

El cambio climático tiene una fuerte influencia en el desarrollo de los seres vivos. En las aves, provoca cambios en las épocas de reproducción, migración e hibernación. Se estima que para el 2100, alrededor de 400-500 especies de aves lleguen a la extinción, debido a los cambios en el ambiente y la pérdida de hábitat (Mueller *et al.*, 2015).

La importancia de la conservación de las aves se enfoca en los servicios ecosistémicos que proveen. En la agricultura ayudan a la polinización cruzada, la excreta sirve como fertilizante, son importantes en el control de plagas de insectos y de roedores (Ken y Pain, 2002).

Por esa razón, es importante realizar el análisis de la variabilidad de la diversidad y abundancia de aves respecto al fenómeno climático El Niño, ya que este dará una idea del comportamiento de las especies al momento de enfrentarse a cambios climáticos drásticos y así mismo se podrá identificar las especies susceptibles a estos cambios. Conocer las especies que son menos tolerantes a cambios climáticos permitirá orientar de mejor manera los esfuerzos de conservación de las mismas.

IV. OBJETIVOS

A. Generales

Evaluar si existe una variación en la diversidad y abundancia de aves asociadas a bosques de pino-encino con respecto al fenómeno climático de El Niño durante los meses de mayo a julio.

B. Específico

1. Identificar especies de aves sensibles a cambios climáticos.
2. Evaluar la riqueza, abundancia y diversidad de especies de aves en bosques de pino-encino
3. Evaluar si existe una variación en la composición de especies de aves con respecto al fenómeno climático de El Niño

V. METODOLOGÍA

A. Área de estudio

El área de estudio para esta investigación se divide en cuatro áreas de interés, que se describen a continuación:

1. Astillero Municipal de San Bartolomé Milpas Altas

El municipio de San Bartolomé Milpas Altas, se encuentra en el departamento de Sacatepéquez, Antigua Guatemala, a 31km de la Ciudad capital. La Zona de Vida a la que pertenece según la clasificación de Holdridge es Bosque Húmedo Montano bajo Subtropical (bh-MB). Los bosques de Pino-Encino están localizados a aproximadamente 2,186 msnm, dado que los remanentes de bosque se encuentran en el astillero de San Bartolomé Milpas Altas, el área se encuentra en buenas condiciones.

2. Tecpán

El área de estudio está ubicada en el departamento de Chimaltenango, pertenece a la Zona de Vida de Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical (bh-MB). En el sitio se encuentran parches de bosque de pino-encino a una altura de 2,300 msnm. El remanente de bosque presenta buen estado, a pesar de presiones como la extracción de leña y el cambio de uso de suelo por agricultura y desarrollo urbano en los alrededores.

3. Finca Diesseldorf, Tactic

Esta finca está ubicada en el departamento de Alta Verapaz del municipio de Tactic, de acuerdo con la clasificación de Zonas de Vida de Holdridge, pertenece a Bosque muy húmedo Subtropical Frío bmh-S(f). La altitud a la cual se encuentran las áreas muestreadas varía de 1,515-1,560 a 1,730-1,560 msnm respectivamente. El bosque de pino-encino que se encuentra en el sitio, está alrededor de cultivos de café, maíz y cardamomo.

4. Chajul, Quiché

Esta área de muestreo se encuentra en el municipio de Chajul, departamento de Quiché, pertenece a la Zona de Vida de Bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB), y la ecorregión de Bosques de Pino-Encino. Esta última asociación vegetal, está constituida predominantemente por las especies de los géneros *Pinus* y *Quercus*, dentro de un rango altitudinal de 600 a 2,500 msnm. Asimismo, la asociación puede formar masas mixtas con otras especies como *Ostrya* sp., *Liquidambar styraciflua* y *Alnus* spp (Everlife, 2011a). Los bosques de Pino-Encino en la Zona de Vida de bh-MB están a alturas de 1,950-1,960 y 1,830-1,840 respectivamente. Los bosques en el área se encuentran altamente degradados debido a la producción agrícola y extracción de leña para consumo local.

B. Procedimientos

1. Colocación de redes

La toma de datos se realizó de mayo a agosto de 2017 y de mayo a agosto del 2018. Se muestreó en cuatro distintos parches de bosque de pino-encino, localizados en Chajul, Tecpán, Tactic y San Bartolomé Milpas Altas (Fig 5-8). Las capturas se llevaron a cabo durante cuatro días consecutivos en cada sitio de muestreo, regresando a cada área de muestreo aproximadamente cada mes. El muestreo se realizó con seis redes de niebla de poliéster de 9 m de largo por 2.5 m de altura. Las redes permanecieron abiertas consecutivamente desde las 06:00 hasta las 10:00 hrs, siendo revisadas al menos cada 30 minutos.



Figura 5. Red de niebla colocada en el bosque de Tecpán
(Hernández, 2018)



Figura 6. Red de niebla colocada en el bosque de Tactic
(Hernández, 2018)



Figura 7. Red de niebla colocada en bosque de San Bartolomé Milpas Altas
(Hernández, 2018)



Figura 8. Red de niebla colocada en el bosque de Chajúl, Quiché
(Hernández, 2018)

2. Identificación de especies

Las aves que se capturaron (Fig. 9 y 10) fueron desenredadas cuidadosamente y se colocaron en bolsas de manta (para reducir el estrés de permanecer en las redes), para ser identificadas y posteriormente liberadas. Las especies no identificadas en campo, fueron verificadas y confirmadas por medio de fotografías y las guías de campo de Fagan y Komar (2016) y Howell y Webb (2007). Se identificaron las aves hasta especie (cuando fue posible), el sexo y el número de individuos se registró en boletas de datos diseñadas para el efecto (Anexo 1).



Figura 9. *Myioborus miniatus* capturado en red de niebla en el bosque de Tecpán

(Hernández, 2018)



Figura 10. *Cardelina pusilla* capturado en red de niebla en el bosque de Tactic

(Hernández, 2018)

3. Análisis de resultados

a. Riqueza, abundancia y diversidad

El análisis de diversidad, se llevó a cabo por medio de la utilización de índices de diversidad, que fueron calculados con el paquete BiodiversityR en el programa Rstudio versión 1.1.456. Los índices que se utilizaron fueron: el índice de Simpson, Shannon, dos índices de equidad derivados de Shanon (Jevness y Evenness), el índice recíproco de Berger- Parker y el inverso de Simpson. Para el cálculo de cada índice se utilizó la abundancia de cada especie presente en los distintos sitios y se tomó cada sitio como una réplica, por lo que se obtuvo cuatro réplicas en cada año. Así mismo se calculó la riqueza y abundancia para cada sitio en los distintos años.

Posteriormente se realizó una serie de ANDEVAS (análisis de varianza), con el programa Rstudio versión 1.1.456, en donde se utilizaron los índices mencionados anteriormente y los datos de abundancia y riqueza, utilizando el año como factor para así poder comparar la diversidad, riqueza y abundancia entre un año en donde ocurrió el fenómeno climático de El Niño y otro en donde no ocurrió.

b. Identificación de especies sensibles a cambios climáticos

Para la identificación de especies sensibles a cambios climáticos, se organizaron las especies con mayor abundancia en los dos años y luego se seleccionó una especie por hábito alimenticio de las especies más abundantes. Las especies que se seleccionaron fueron cuatro: *Hylocharis leucotis* (nectarívoro), *Atlapetes albinucha* (semillero/frugívoro), *Myadestes occidentalis* (frugívoro), *Aspatha gularis* (carnívoro/frugívoro) y *Myioborus miniatus* (insectívoro). Se realizó una matriz de datos en la cual se colocaba semanalmente la anomalía del fenómeno climático de El Niño, que se había presentado durante esa semana (estos datos fueron obtenidos del siguiente enlace <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/wksst8110.for>) y cuántos individuos de las especies seleccionadas se habían avistado durante esa semana.

El análisis que se realizó fue un análisis de regresión lineal, en el cual se relacionó la abundancia de las especies seleccionadas y la anomalía del Niño. Se utilizó el programa de Rstudio versión 1.1.456, en donde se realizaron los modelos de regresión y pruebas de homocedasticidad.

c. Gremios alimenticios

Se realizó una base de datos para el año 2017 y 2018, en las cuales se incluyó el gremio alimenticio, la especie, el nombre, la ocurrencia de individuos por especie y el sitio en el que había sido colectado. Los gremios alimenticios que se tomaron en cuenta fueron: frugívora, semillera, nectarívora, insectívora, omnívora y carnívora. Se utilizó el programa JMP versión 14.1.0 para la realización de gráficos de mosaico y tablas de contingencia.

VI. RESULTADOS

A. Descripción de la avifauna de bosques de pino-encino

Durante el período de muestreo de mayo a julio del 2017 y 2018, se identificaron 91 especies. Se encontraron 55 especies en el año 2017, pertenecientes a 7 órdenes y 20 familias (ver Anexo 1). En el Cuadro 1, se presenta el número de especies y de individuos obtenidos en ambos años. En el año 2017, Tactic presentó mayor número de especies y Chajul mayor número de individuos; en el año 2018 Tactic presentó mayor número de especies y de individuos.

Cuadro 1. Número de especies e individuos por año

Año	Sitio	Especies	Individuos
2017	Chajul	17	66
	San Bartolo	17	69
	Tactic	28	64
	Tecpán	27	138
2018	Chajul	22	45
	San Bartolo	23	64
	Tactic	33	161
	Tecpán	32	158

Para el año 2017, las familias más representativas fueron Trochilidae (9 especies), Turdidae (6 especies), Troglodytidae (6 especies), Icteridae (4 especies), Emberizidae (4 especies), Parulidae (4 especies) y Tyrannidae (4 especies). Las familias con mayor número de individuos fueron Trochilidae (125 individuos), Turdidae (51 individuos), Parulidae (40 individuos), Emberizidae (32 individuos) y Troglodytidae (32 individuos) (Figura 10).

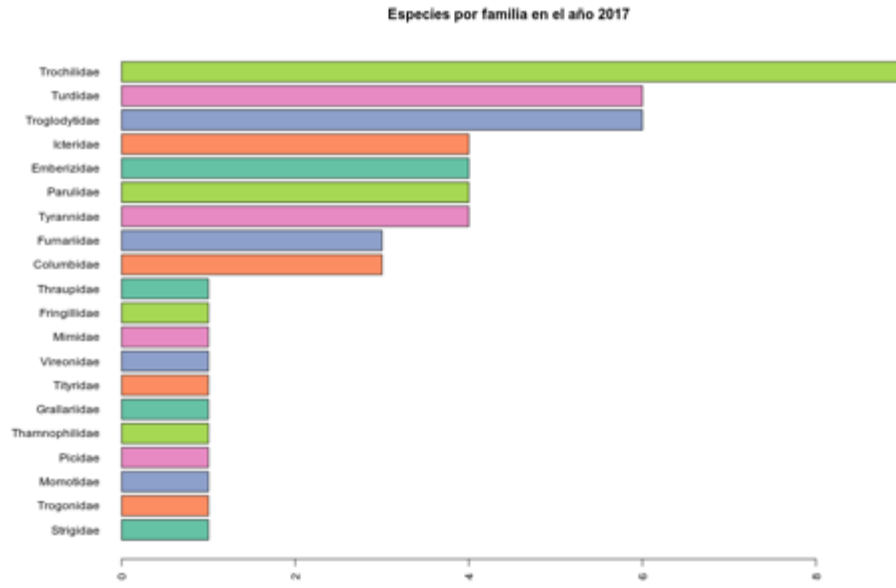


Figura 11. Número de especies por familia durante el período de mayo a julio del 2017

Para el período de mayo a julio del 2017, la familia Trochilidae presentó la mayor abundancia, con un total de 125 individuos; seguida por la familia Turdidae con un total de 51 individuos. La tercera familia más abundante durante este período fue la familia Parulidae, con un total de 40 individuos, seguidas por las familia Emberizidae y Troglodytidae, ambas con 32 individuos (Figura 11). Durante el año 2018 se identificaron 72 especies, distribuidas en 9 órdenes y 22 familias (ver Anexo 2).

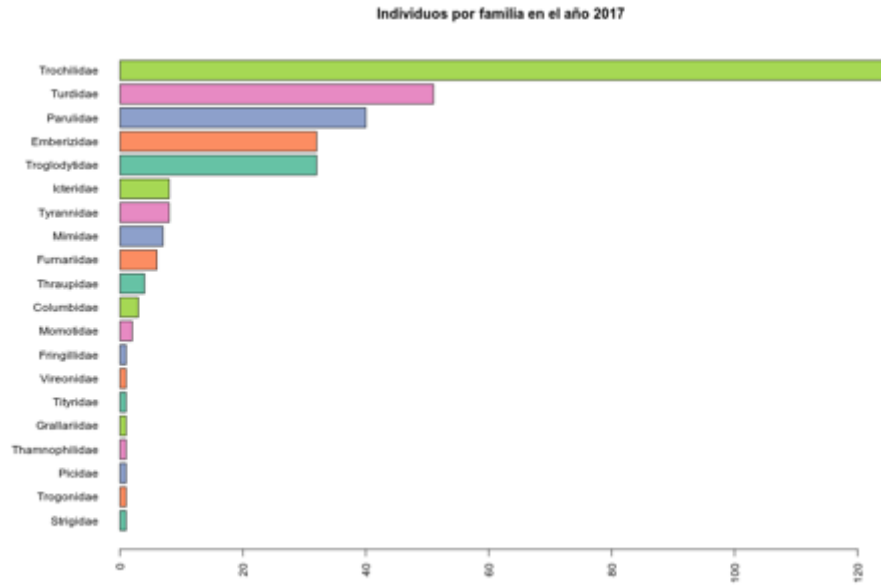


Figura 12. Número de individuos por familia durante el período de mayo a julio del 2017

En el año 2017, las familias que más se observaron fueron: Trochilidae (11 especies), Emberizidae (8 especies), Turdidae (6 especies), Parulidae (6 especies), Tyrannidae (5 especies) y Troglodytidae (5 especies). Las familias con mayor número de individuos para este año, fueron Trochilidae (161 individuos), Parulidae (40 individuos), Troglodytidae (38 individuos), Turdidae (32 individuos), Mimidae (25 individuos), Emberizidae (21 individuos) y la familia Aegithalidae (20 individuos) (Figura 12).

En el período de mayo a julio del 2018, año en el que no se presentó el fenómeno climático El Niño, la familia con mayor número de individuos fue Trochilidae, que presentó 162 aves, seguida por la familia Parulidae con un total de 40 individuos, la familia Troglodytidae con 38 individuos, la familia Turdidae con 32 individuos, la familia Mimidae con 25 individuos y la familia Emberizidae con un total de 21 individuos (Figura 13).

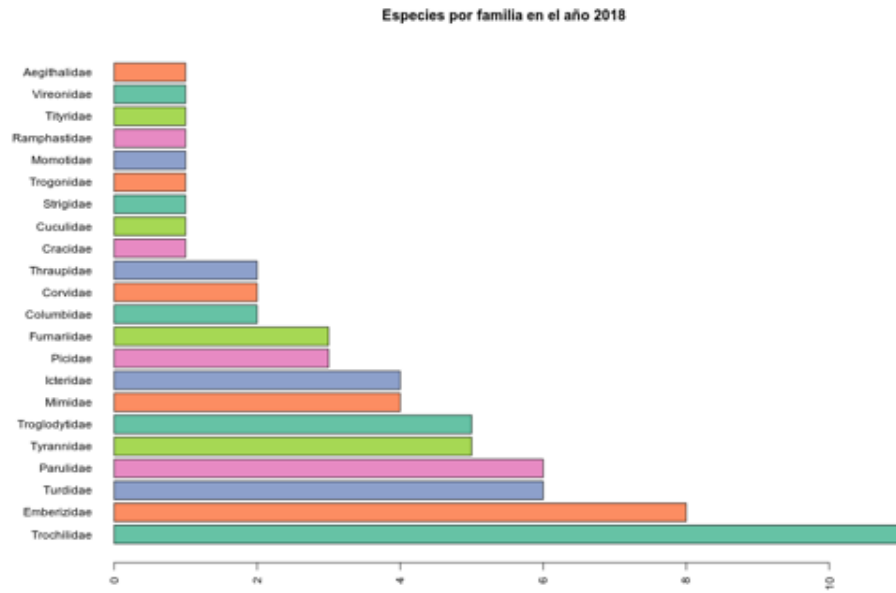


Figura 13. Número de especies por familias durante el periodo de mayo a julio del 2018

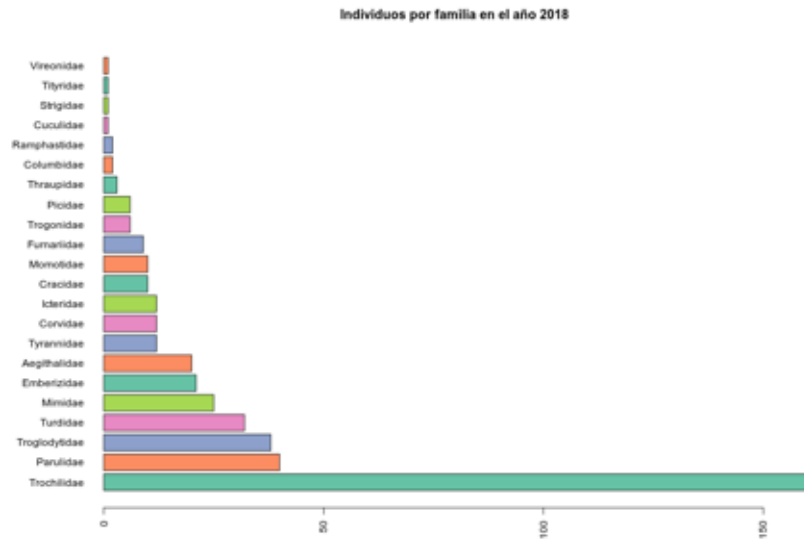


Figura 14. Número de individuos por familia durante el periodo de mayo a julio del 2018

Del total de especies para ambos años, todas se encuentran en la categoría de Preocupación Menor (LC) de la lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). A excepción de *Hylocichla mustelina* (Figura 15), que se encuentra en la categoría de Casi amenazada (NT) y *Tunaltura dupontii*, *Diglossa bariluta* y *Pachyramphus aglaeiae*, que no se encuentran evaluados por la lista roja (IUCN 2018) (ver anexo).



Figura 15. *Hylocichla mustelina* capturado en Chajúl, Quiché

(Hernández 2018)

B. Abundancia, riqueza y diversidad

Se realizaron análisis de la abundancia, riqueza y diversidad de especies para cada sitio en los diferentes años del estudio. utilizando los índices de Shannon, Evenness, Jevenness, Simpson y Simpson Inverso. Todos estos evalúan la heterogeneidad de la comunidad. También se utilizó el índice de Berger-Parker inverso, que evaluó la equitabilidad.

En el año 2017, la abundancia es equitativa en todos los lugares exceptuando en Tecpán, con un total de 138 individuos. Para la riqueza de especies, Chajul y San Bartolo presentan un total de 17 especies, Tactic 28 especies y Tecpán 26 especies. Respecto al índice de Berger-Parker, el valor más alto es para San Bartolo (0.231884), esto quiere decir que las abundancias de las especies presentes no son equitativas; si se compara entre sitios los resultados para este índice son equitativos

(Cuadro 2). El resultado del índice Evenness para Tecpán es de 0.503816, siendo el valor mas cercano a 0, lo que dice que la comunidad de aves en ese sitio no está distribuida de una manera equitativa. El índice de Simpson para San Bartolo, representa el menor valor respecto a los cuatro sitios, lo que indica que es el más diverso, ya que es el dato más cercano a 0, sin embargo, para Simpson inverso, Tactic es el lugar con mayor diversidad.

Cuadro 2. Riqueza, abundancia e índices de diversidad para el año 2017 (Año de Niño).

Sitio	Abundancia	Riqueza	Berger	Evenness	Jevenness	Simpson	Shannon	Simpson Inverso
Chajúl	66	17	0.181818	0.716575	0.88237	0.896694	2.49994	9.68
Sn. Bartolo	69	17	0.231884	0.682783	0.86532	0.883848	2.45164	8.6094
Tactic	64	28	0.1875	0.641928	0.866971	0.915039	2.88892	11.77012
Tecpán	138	26	0.202899	0.503816	0.789587	0.888679	2.57255	8.98302

Durante el año 2018, la abundancia fue mayor en Tecpán (158 individuos) y la menor abundancia la presentó Chajúl (45 individuos), respecto a la riqueza de especies Tactic es el que presenta la mayor riqueza. Para el índice de Berger-Parker, las abundancias de las especies en los sitios están distribuidas de una manera equitativa, ya que los valores obtenidos no son tan altos. El valor del índice de Simpson oscila entre 0 y 1, todos los valores de este índice están cercanos a 1, por lo que no hay mucha diversidad. El índice de Simpson inverso, es alto para todos los sitios, siendo Chajúl el sitio con el valor más alto. El valor más alto para el índice de Shannon, lo obtuvo Tactic, este índice incrementa mientras la riqueza y la equidad incrementan.

Cuadro 3. Riqueza, abundancia e índices de diversidad para el año 2018

Sitio	Abundancia	Riqueza	Berger	Evenness	Jevenness	Simpson	Shannon	Simpson Inverso
Chajúl	45	22	0.133333	0.775157	0.917604	0.927407	2.83635	13.7755
Sn Bartolo	64	23	0.15625	0.745921	0.906511	0.925293	2.84236	13.3856
Tactic	151	33	0.205298	0.577234	0.842841	0.919872	2.947	12.48
Tecpán	158	32	0.202532	0.561054	0.833242	0.914437	2.8878	11.6873

Para comparar si los índices presentaban diferencia significativa entre los dos años muestreados, se realizaron análisis de varianzas (ANOVAS, por sus siglas en inglés), para cada índice obtenido anteriormente. A continuación se muestran los análisis de ANOVAS realizados para cada variable a estudiar.

Para la abundancia ($p = 0.58$) (Cuadro 4), riqueza ($p = 0.23$) (Cuadro 4), índice de Berger ($p = 0.25$) (Cuadro 4), Evenness ($p = 0.71$) (Cuadro 4) y Jevenness (valor p de 0.45) (Cuadro 4) no se rechaza la hipótesis nula, afirmando que no existe diferencia entre las varianzas de los dos tratamientos, que corresponden al año en donde ocurrió el fenómeno climático de El Niño (2017) y el año en donde no ocurrió dicho fenómeno.

Por otro lado para los índices de diversidad de Shannon, Simpson y Simpson inverso, la hipótesis nula se rechaza ($p > 0.05$), afirmando que existe diferencia entre las varianzas de los dos tratamientos utilizados.

Cuadro 4. Valores p para los índices evaluados

	Valor p
Índice de Berger	0.25
Evenness	0.71
Jevenness	0.45
Simpson	0.014
Shannon	0.035
Simpson Inverso	0.011

C. Especies sensibles a cambios climáticos

El análisis para identificar especies sensibles se basó en realizar una regresión lineal para cada especie seleccionada. La única especie con valor p, menor a 0.05, fue *Myadestes occidentalis*, sin embargo, esta presenta un R^2 de 0.175, el cual dice que tan solo un 17.5% de la variación está explicado por este modelo. Las demás especies presentaron valores mayores a 0.05 (Cuadro 5).

Cuadro 5. Datos de regresiones lineales para las especies seleccionadas

	<i>Hylocharis leucotis</i>	<i>Myioborus miniatus</i>	<i>Myadestes occidentalis</i>	<i>Atlapetes albinucha</i>	<i>Aspatha gularis</i>
Valor p	0.5011	0.09121	0.01918	0.8634	0.5189
R^2	-0.0218	0.07737	0.175	-0.04036	-0.02339
Breusch-Pagan	0.90094	0.4853	0.09323	0.109	0.9988
Non-constant Variance score test	0.8418101	0.4403947	9.05368E-05	0.05725545	0.9986286

D. Gremios alimenticios

El análisis de contingencia de chi cuadrado demostró que si existe diferencia significativa ($P= 0.0001$) en la composición de especies de aves en un año con la presencia del fenómeno climático de El Niño y otro en donde no se da este fenómeno climático. En ambos años el gremio alimenticio con mayor porcentaje de especies es el insectívoro, seguido de los nectarívoros (Figura 16).

Las especies insectívoras estuvieron mayormente representadas en ambos años, con 30 especies en un año con el fenómeno climático de El Niño y 42 especies en un año sin fenómeno climático (Figura 16 y 17). Durante el año de Niño, el segundo grupo mejor representado fueron las especies frugívoras con 10 especies, seguido de las nectarívoras con 9 especies, 8 especies semilleras, 2 especies omnívoras y 2 especies carnívoras. En el año en donde no ocurrió el fenómeno climático de El Niño, el segundo grupo más representativo fueron las especies nectarívoras (10 especies), seguidas de las especies frugívoras (8 especies); luego se encontraron las especies omnívoras (6 especies), especies semilleras (5 especies) y por último las especies carnívoras (2 especies) (Figura 17 y 18).

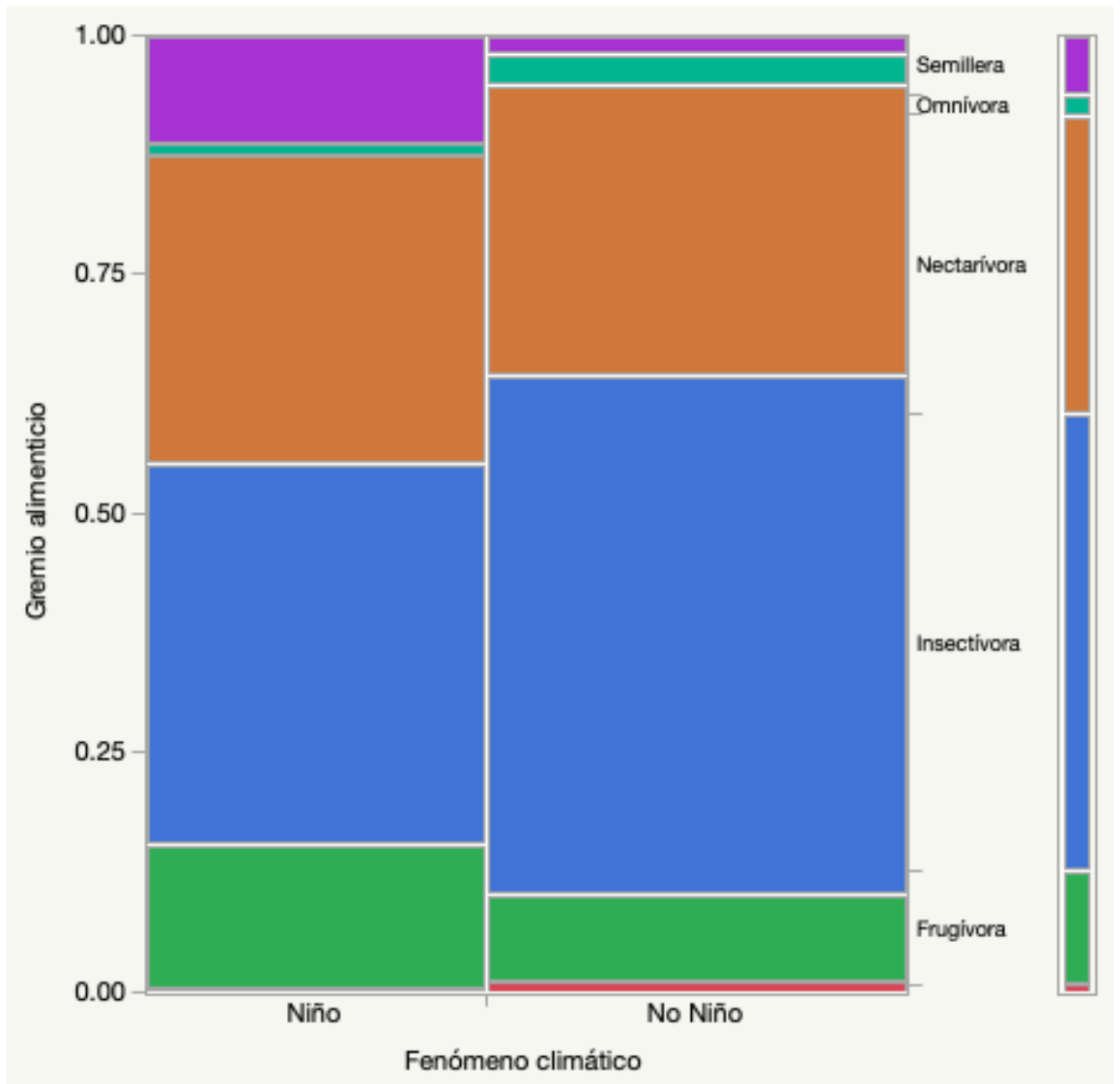


Figura 16. Distribución de los gremios alimenticios para un año en donde ocurre el fenómeno climático de El Niño y otro en donde no ocurre

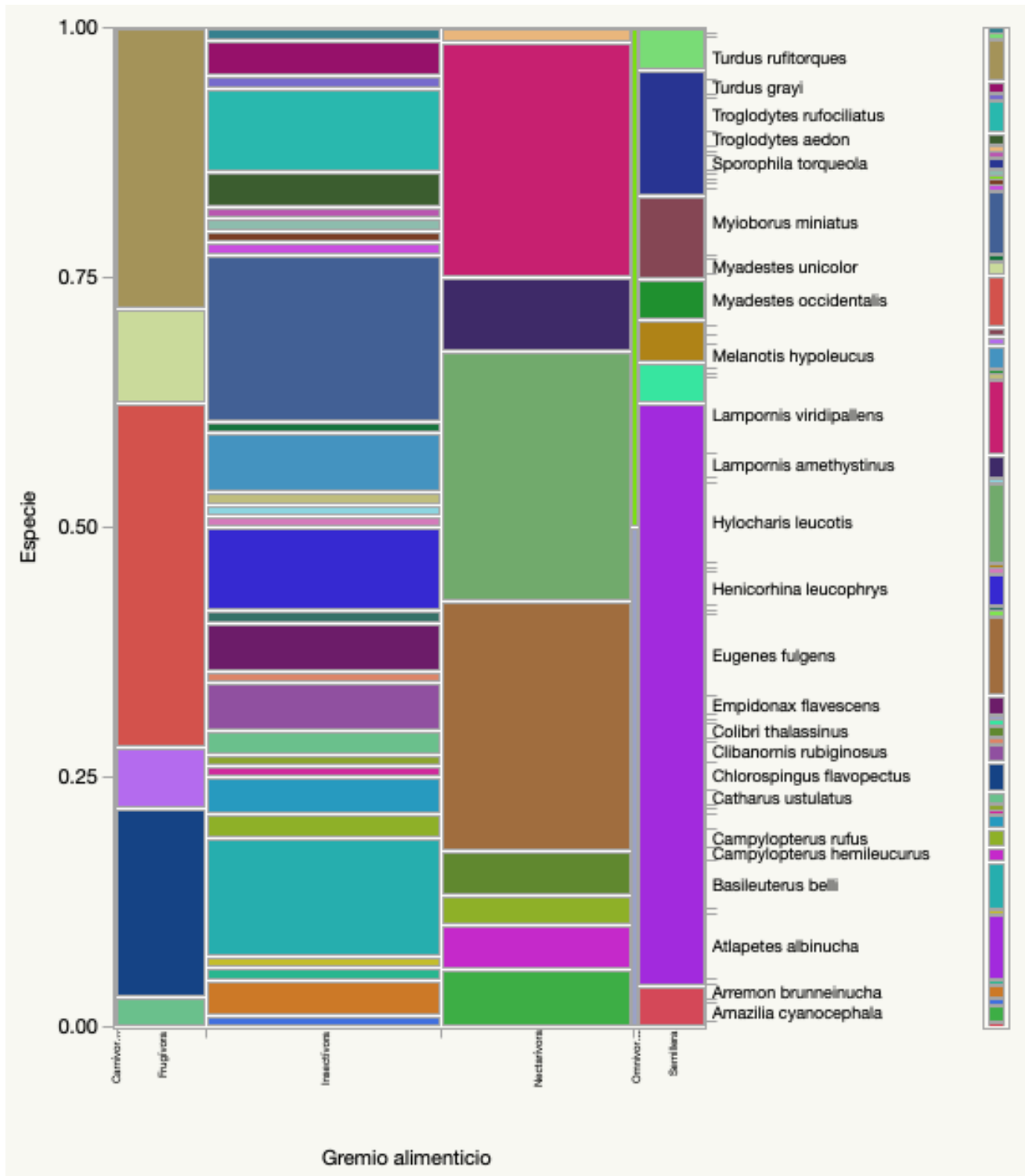


Figura 17 Distribución de especies por gremio alimenticio para el año del fenómeno climático El Niño (2017).

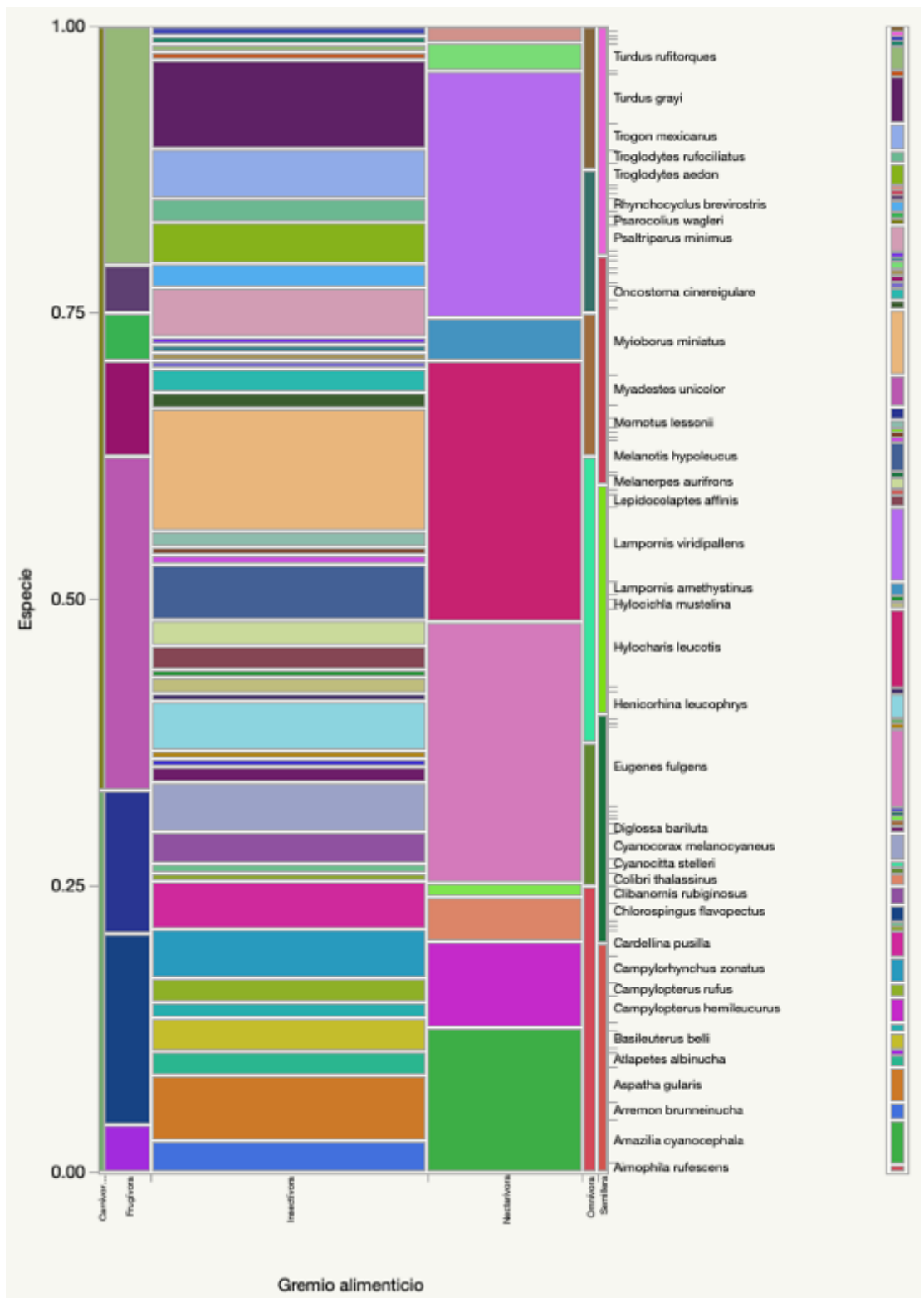


Figura 18. Distribución de especies por gremio alimenticio para el año en donde no ocurrió el fenómeno climático de El Niño (2018).

VII. DISCUSIÓN

Durante los dos períodos de muestreo se logró identificar 91 especies, siendo el año 2018 el que presentó mayor número de especies identificadas (72 especies), en el año 2017 se identificaron 55 especies. Para ambos períodos de muestreo el sitio con mayor número de especies fue Tactic, probablemente por la fuerte influencia de la vertiente atlántica (Fagan y Komar 2016). Durante el año 2017, el sitio con mayor número de individuos colectados fue Tecpán, siendo en su mayoría representantes de la familia Trochilidae (Figura 11). La abundancia de esta familia puede estar relacionada a la localización del parche de bosque en el que se realizaron los muestreos, ya que este se encuentra rodeado de poblaciones humanas las cuales posee una alta variedad de plantas ornamentales que pueden ser una fuente de posible alimento para colibríes (Ramírez *et al.*, 2012).

El sitio con menor número de especies para ambos años fue Chajúl, esto se debe a la fuerte presión antropogénica que está recibiendo este parche de bosque. El bosque se encuentra en un área altamente degradada debido a la producción agrícola y a la extracción de leña para consumo de los pobladores locales (Dubois 2007). Sin embargo, la cantidad de individuos presentes en este sitio durante el año 2017, fue mucho mayor en comparación con el año 2018, esto puede estar reflejando la constante degradación del parche de bosque por lo que la disponibilidad de alimento para las aves disminuye.

Las especies registradas en el año 2017 están distribuidas en 20 familias (Figura 10). La más representativa fue Trochilidae, probablemente porque es más fácil encontrar fuentes de alimento en lugares con poblaciones humanas cercanas debido a su hábito alimenticio principalmente nectarívoro. La segunda familia más representativa fue la familia Turdidae, con seis especies identificadas de las cuales *Hylocichla mustelina* (zorzal maculado), se encuentra en la categoría de casi amenazada (NT), de la lista roja para lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN).

Respecto al análisis de la riqueza, abundancia y diversidad de especies, Tactic fue el sitio con menor abundancia en el 2017, sin embargo, la riqueza de especies en este sitio fue elevada para ambos años. La alta diversidad de especies en este sitio podría explicarse por su posición geográfica que le permite tener influencia de la Vertiente Atlántica (Fagan y Komar 2016). Al evaluar el valor del índice de diversidad de Shannon que se obtuvo en Tactic en los dos años, este dato siempre fue superior al de los demás sitios, lo que sugiere que hay una distribución homogénea en la riqueza y equidad de especies en este sitio, ya que se ha reportado que mientras más especies tenga la comunidad y entre más equitativas sean sus abundancias, los valores de diversidad de acuerdo a este índice serán altos (Peet 1974).

Al momento de evaluar el índice de Simpson para ambos años, muestra valores similares, este índice mide la probabilidad de que dos individuos elegidos al azar representen a la misma especie (Peet 1974), mientras más alto es el número de especies y mayor es la equitatividad, el índice será mayor. Para el año 2017, el sitio con el índice más alto, fue Tactic; sin embargo, para el año 2018, el índice más alto lo obtuvo Chajúl, debido a la distribución homogénea de la riqueza y abundancia de las especies. Esto pudo haber pasado por que siempre existió una relación entre el número de especies y de individuos, los cuales siempre fueron bajos, debido a la disponibilidad de alimento, ya que Chajúl, presentó un aumento en la extracción de leña y mal manejo del parche de bosque.

Puede que no exista diferencia significativa en la abundancia entre los dos años porque los cambios en las condiciones del ambiente no representan un riesgo para las poblaciones de aves de los bosques estudiados o es necesario tener una muestra más grande para evaluar si a lo largo de tiempo las condiciones climáticas afectan las características de las poblaciones de aves. Otro factor importante es que durante el año de Niño, no hay mucha diversidad de especies pero las especies que están presentes, tienen abundancias elevadas, ya que la mayoría de especies presentes, se

consideran gregarias, lo que se puede ver reflejado en los resultados de los índices obtenidos.

Es posible que, la media de la abundancia de aves en los sitios estudiados haya sido menor en el año 2017 que en el 2018, debido al incremento en las sequías por el fenómeno climático El Niño. Este pudo afectar la reproducción de las aves por la disminución de recursos disponibles (Walther *et al.*, 2002). Se sabe que una estrategia que utilizan algunas de las aves para no realizar un gasto energético en vano, es cambiar los periodos de reproducción dependiendo en la disponibilidad de recursos que tengan y durante los años en donde se ha registrado la ocurrencia del fenómeno de El Niño, la producción primaria en océanos y en la tierra sufre cambios drásticos (England 2000).

Los modelos de ANOVAS para riqueza, índice de Berger, E-evenness y J-evenness, no presentan diferencias significativas respecto a su valor p, ni respecto a la media entre los dos distintos años. Esto puede deberse a que el número de individuos encontrados fue equitativo respecto al número de especies.

La diversidad de aves entre los años 2017 y 2018 fue diferente de acuerdo a los índices de Shannon, Simpson y Simpson inverso ($p < 0.05$). El año 2018, que no fue afectado por el fenómeno climático El Niño, presentó mayor diversidad de especies que el año 2017. Estos datos sugieren que dicho fenómeno climático genera variación en la diversidad de aves disminuyéndola. La aparición de un mayor número de especies durante un año en donde no ocurrió el fenómeno climático, puede ser debido a la modificación de patrones de dispersión por parte de las aves, causando la aparición de especies en localidades no registradas o nuevas localidades (England 2000), por las sequías provocadas por este fenómeno en los sitios en donde normalmente se distribuían.

Para la determinación de especies sensibles a cambios climáticos, ninguna de las especies que fueron seleccionadas se ajustó a los modelos de regresión que se realizaron, excepto *Myadestes occidentalis* ($p=0.019$), sin embargo, su ajuste al modelo fue bajo ($R^2=0.175$). Es importante mencionar que la mayoría de especies que se registraron, no presentan distribuciones restringidas, ni requerimientos estrictos para habitar en cierta área, siendo especies poco sensibles a cambios. La presencia de este tipo de especies dentro de estos parches de bosque, da una idea sobre la degradación que presentan los bosques que se evaluaron, afirmando lo que es posible observar, bosques que presentan altos grados de degradación y perturbación humana.

La fragmentación de los bosques en Latino América, está ocurriendo de una manera muy rápida, provocando pérdidas en la biodiversidad de aves. Es importante mencionar que la causa principal de esto, es la expansión de la frontera agrícola y la extracción de leña para uso propio (Dubois 2007). El problema con la expansión de la frontera agrícola radica en que los comunitarios se ven obligados a ampliar sus hectáreas de cultivos debido a la baja remuneración que estos tienen al venderle su producto a las empresas o personas que se encargan en exportarlo, también a la mala práctica al momento de no darle los requerimientos que la tierra necesita para que se mantenga fértil. Lo que hace que se necesite cada vez más terreno para sembrar debido a la baja fertilidad de los suelos, por el uso desmedido de agroquímicos y las malas prácticas.

La composición de los gremios alimenticios entre los dos años, presenta una diferencia significativa ($p=0.0001$); sin embargo, los gremios mayormente representativos, siempre fueron los mismos. Las especies de aves neotropicales tienden a desplazarse a lugares en donde encuentren mejores condiciones alimenticias y climáticas y esto produce un cambio en las composiciones de las comunidades aviares durante períodos en donde las condiciones climáticas no sean favorables para una buena alimentación (Verea, 1998).

Las especies que se alimentan de insectos, fueron las más representativas en ambos años, sin embargo, el mayor número de especies insectívoras se encontró durante el año en donde no hubo fenómeno climático de El Niño. La alta incidencia de especies insectívoras puede ser debido a las tasas de reproducción de los insectos y porque al momento de existir escasez de frutos y semillas, estas especies optan por alimentarse de insectos. La mayoría de parches de bosques muestreados se encuentran alrededor de monocultivos, los cuales atraen una cantidad alta de insectos.

El segundo grupo mayormente representado en ambos años, fueron los frugívoros. Como se mencionó anteriormente, los parches de bosque en donde se realizó el estudio, estaban rodeados de plantas ornamentales que podrían ser potencial alimento para colibríes (Uría y Montaldo 2016). El grupo alimenticio de los frugívoros, tuvo una mayor aparición durante un año de El Niño, esto podría ser por la falta de agua que se dio durante ese año, lo que obligó a las aves a extraer el líquido de los frutos de los que se alimentaban, por lo que se incrementó el número de especies que se alimentaban de frutos.

La importancia de la realización de estudios de los impactos en la fragmentación de los bosques, sobre la biodiversidad, es de importancia mayor debido a que generan información para saber hacia donde enfocar los programas de conservación de especies. Los estudios que se han hecho en bosques tropicales en Papua Nueva Guinea, confirman que las especies de aves sensibles prefieren hábitats de bosques continuos y no bosques fragmentados (Sam; *et al.* 2014), por lo que se respalda la presencia de aves poco sensibles dentro de los parches de bosque que se evaluaron en la investigación y se infiere un alto grado de degradación por la falta de especies de aves sensibles a perturbación.

Es necesario contar con una muestra mayor y más representativa para la realización de regresiones, ya que en algunos días de los muestreos, no se

registraron avistamientos, lo que afectó los resultados de este análisis. Una de las desventajas y a su vez ventaja, de la utilización del grupo de aves para el estudio, es la respuesta rápida que estas tienen a cambios en el ambiente debido a la alta movilidad de este grupo. Debido a su capacidad de movilización, las aves presentan una respuesta rápida ante cambios en el ambiente, lo que las hace un grupo propicio para este tipo de estudios(England 2000). La desventaja es que su actividad depende de las condiciones climáticas, factor que no puede controlarse en una investigación y que afectó notablemente al estudio. En las mañanas nubladas no se registró la misma cantidad de especies, ni las mismas especies que se registraron en un día con condiciones soleadas, por lo que se recomienda aumentar el esfuerzo de muestreo para que los ceros no presenten cambios tan significativos en el estudio.

Al momento de realizar un análisis en donde se busque encontrar especies sensibles a cambios climáticos, también es recomendable aumentar el esfuerzo, ya que el problema con las aves es que debido a la alta movilidad que poseen, es posible que no siempre se encuentren en el mismo sitio (Sekercioglu, 2007). Otro factor importante es la metodología utilizada para el registro de las especies, ya que el éxito de captura en las redes de niebla está limitado por varios factores ambientales, así como por la ubicación de las redes, la tensión de las redes, estructura del hábitat, comportamiento de vuelo de las aves y la evasión de las redes por las aves (Karr, 1981). Es recomendable utilizar varias técnicas como puntos de conteo, transectos, monitoreo de nidos, etc. para el registro de especies de aves para este tipo de estudios, ya que, la metodología utilizada en este estudio permitía identificar únicamente especies de sotobosque.

La ausencia de un patrón en las regresiones lineales puede deberse a la alta tolerancia de las especies identificadas, ya que, al momento de percibir cambios en el ambiente, estas pueden moverse o simplemente los cambios que presencian no son lo suficientemente fuertes como para verse afectadas. Es posible que se necesite una muestra más grande y se recomienda realizar este tipo de estudios en bosques primarios para que los efectos de los fenómenos climáticos no estén afectados por

variables como la degradación del bosque. La mayoría de estudios con poblaciones de aves en donde se evalúa el efecto del fenómeno climático de El Niño, se realizan con poblaciones de aves marinocostas. Esto es debido a que El Niño afecta la temperatura superficial del océano por lo que los cambios en la producción primaria del océano se ven afectados y a su vez la presencia o ausencia de ciertas especies marinas (Sekercioglu 2012).

Es importante evaluar los listados de especies de bosques de pino-encino en Guatemala, ya que es posible que, debido a cambios climáticos, ciertas especies se hayan desplazado o hasta extinguido. Las especies que son más vulnerables a cambios climáticos, son especies tropicales de montaña, especies que no tienen acceso a elevaciones más altas, especies de bosque costero y de distribución restringida (Miller; *et al.* 2010).

Otro factor importante que vale la pena resaltar, es que el estudio se realizó durante la época no migratoria de aves, esto puede influir los datos de riqueza y diversidad, ya que únicamente se identificaron especies residentes de Guatemala. Realizar el estudio durante la época migratoria, podría presentar un cambio en los resultados de los índices de diversidad evaluados en este estudio. Además podría evaluarse si existe diferencia en el número de especies migratorias que visiten al país en un año donde ocurre el Niño y otro en el que no se presenta este fenómeno climático.

Los resultados de este estudio determinaron que existe variación únicamente en la diversidad de especies respecto a un año en donde ocurrió el fenómeno climático de El Niño, comparado con un año en donde no ocurrió este fenómeno. La riqueza y la abundancia no presentaron diferencias significativas y no existe patrón de comportamiento respecto a los análisis de regresión lineal, posiblemente por la falta de datos y por la naturaleza de especies generalistas de los datos.

VIII. CONCLUSIONES

- Se identificó un total de 91 especies para los cuatro sitios durante los periodos de mayo a julio del 2017 y 2018.
- Únicamente la especie *Hylocichla mustelina*, se encontraba casi amenazada bajo la IUCN.
- La familia Trochilidae fue la más representativa durante ambos años de muestreo, con 125 individuos en el año 2017 y 155 en el año 2018.
- No existe diferencia en la abundancia ($p=0.58$) y la riqueza ($p=0.23$) de especies de aves entre los años 2017 y 2018 en los bosques estudiados; sin embargo, el valor promedio de ambos es mayor para el 2018, año en el que no ocurrió el fenómeno El Niño.
- No existe diferencia respecto al índice de Berger-Parker inverso($p=0.25$) entre los años 2017 y 2018 en los bosques estudiados, sin embargo, la media es mayor para el año 2017, lo que afirma la equitatividad en abundancia y riqueza de ese año.
- No existe diferencia respecto al índice de E-evenness ($p=0.71$) entre los años 2017 y 2018, sin embargo, la media es significativamente mayor para el año 2018, lo que sugiere que la población de especies durante ese año fue más equitativa.
- No existe diferencia respecto al índice de J-evenness($p=0.45$) para un año en donde ocurrió el fenómeno climático de El Niño (2017) y otro en donde no ocurrió (2018).
- De acuerdo a los índices de Shannon ($p=0.035$), Simpson(0.014) y Simpson inverso($p=0.011$), la diversidad de aves de los bosques muestreados fue significativamente mayor en el año que no fue afectado por El Niño (2018) comparado con el año que si fue afectado por este fenómeno climático (2017)
- Se determinó únicamente variación en la diversidad de aves asociadas a bosques de pino-encino respecto al fenómeno climático de El Niño.

- No fue posible identificar especies sensibles a cambios climáticos, sin embargo, la única especie que presentó un valor p menor a 0.05, fue *Myadestes occidentalis* sin embargo, el R^2 era muy bajo (0.175).
- Las especies que se encontraron en los parches de bosque evaluados, no son susceptibles a cambios en el ambiente o su reacción puede ser gradual.
- El gremio alimenticio más abundante en dos años de muestreo fue el de los insectívoros.

IX. RECOMENDACIONES

- Utilizar diversos métodos para la observación de aves, para poder identificar especies de todos los estratos y tener una base de datos más robusta.
- Aumentar el tamaño de la muestra para cada tratamiento utilizado.
- Aumentar el esfuerzo de muestreo.
- Incluir variables climáticas en el sitio de muestreo.
- Elegir un solo sitio para eliminar variaciones espaciales.
- Realizar el estudio en un bosque primario para eliminar variables que puedan enmascarar los efectos de El Niño.
- Utilizar otro tipo de ecosistema para la realización del estudio.
- Realizar proyecciones a futuro para demostrar la importancia de darle continuidad a este tipo de estudios.
- Realizar el muestreo en época migratoria.

X. LITERATURA CITADA

- Aceituno, P. y Montecinos, A. 1993. *Análisis de la estabilidad de la relación entre la oscilación del sur y la precipitación en américa del sur*. Bull. Inst, 22(1), 53–64.
- Armsworth, P; B. Kendall y F. Davis. 2004. *An introduction to biodiversity concepts for environmental economists*. Resource and Energy Economics Journal, 26(1): 115-136.
- BirdLife International. 2016. *Setophaga chrysoparia*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016. En: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20163.RLTS.T22721692A4724154>.
- Butler, R. y Taylor, W. 2005. *A review of climate change impacts on birds*. Climate Change and Waterbirds, 1, 1107–1109.
- Cóbar, A. 2010. *Caracterización de la distribución y uso de hábitat del chipe de cachete dorado (Dendroica chrysoparia) para su conservación en la región noroccidental, central y oriental de los bosques de pino-encino de Guatemala*. Proyecto FODECYT 44-2008.
- CONAP. 2008. *Guatemala y su bioiversidad: Un enfoque histórico, cultural, biológico y económico*. Guatemala: Consejo Nacional de Areas Protegidas, Oficina Técnica de Biodiversidad.
- Colweell, R. 2004. *Biodiversity: concepts. patterns and measurement*. Princeton University Press.
- Climate Data Guide. 2016. *Niño SST índices*. En: [\(INSIVUMEH, s/f\)](#) [con acceso el 25 de julio de 2018].
- Delire, C; Ngomanda, A. y Jolly, D. 2008. *Possible impacts of 21st century climate on vegetation in Central and West Africa*. Global and Planetary Change, 64(1), 3–15.
- Dubois, A. 2007. *Producción agrícola y conservación de la biodiversidad: ¿Dos actividades compatibles?.* Trabajo de graduación de Ingeniería, Departamento de Ingeniería, Universidad Lyon III. 61 pp.
- Duffy, D. 1993. *Stalking the southern oscillation: environmental uncertainty, climate change and north pacific seabirds*. Wildlife service, 1, 19–26.
- Everlife. 2011a. *Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental del Proyecto PET 01-2009, Plan de Expansión de Transporte 2008-2018, Lote B*

- Fernández, W. y Ramírez, P. 1991. *El Niño, la oscilación del sur y sus efectos en Costa Rica: Una revisión*. Tecnología en Marcha, 11(1), 3–10.
- Franco, G. 2015. *Elaboración de un mapa de clasificación climática para Guatemala*. Universidad Rafael Landívar, Guatemala.
- Gamito, S. *Caution is needed when applying Margalef diversity index*. Ecological Indicators Journal, 10(1): 550-551.
- Glowka, L; F. Burhernne y H. Synge. 1996. *Guía del Convenio sobre la diversidad Biológica*. UICN. 179PP
- Glynn, P. 1988. *El Niño-Southern Oscillation 1982-1983: Nearshore Population community and ecosystem responses*. Ecology and Systematics, 19(1), 309–346.
- Graham, A. 1993. *Historical factors and biological biodiversity in Mexico* (1a ed., Vol. 1). Nueva York: Oxford University Press.
- Gross, K. et al. 2006. *Linking ecology and economics for ecosystem management*. BioScience, 56(1), 121–133.
- Guo, F., Lenoir, J. y Bonebrake, T. 2018. *How land use and climate change are driving species distribution shifts*. Recuperado el 2 de agosto de 2018, de <https://www.sciencedaily.com/releases/2018/05/180507084823.htm>
- Hernández, B. y R. Puga. 1995. *Influencia del fenómeno El Niño en la región occidental de Cuba y su impacto en la pesquería de langosta (Panulirus argus) del golfo de Batanó*. Revista Scielo. 23(1): 3-24.
- Harcourt, C. y Sayer, J. 1996. *The Conservation Atlas of Tropical Forest: The Americas* (1a ed., Vol. 1). New York: Simon & Schuster.
- Holbrook, N. et al. 2012. *Marine Climate Change in Australia: Impacts and adaptation responses*. CSIRO Marine and Atmospheric Research. 428 pp
- INSIVUMEH. 2018a. *Regiones climáticas | INSIVUMEH*. Recuperado el 7 de agosto de 2018, de http://www.insivumeh.gob.gt/?page_id=982
- INSIVUMEH. 2018b. *“Variabilidad y cambio climático en Guatemala”*, 148. Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica. 2018. *El Niño-Oscilación del Sur (ENOS)*. En: [con acceso el 30-06-2018]
- Karr, J. R. 1981. *Surveying birds with mist nets*. En C. J. Ralph y J. M. Scott (Eds.), *Estimating numbers of terrestrial birds*. 62-67.

- Ken, N. y Pain, D. 2002. *Why conserve bird diversity?* En *Conserving Bird Biodiversity: General Principles and their application*. 7a ed. Londres: Cambridge University Press. 322pp.
- Keyes, B. y C. Grue. 1982. *Capturing birds with mist nets: A review*. North American Bird Bander. 7(1): 2-14.
- Lijtmaer, D; Kerr, K., Barreira, A., Hebert, P. y Tubaro, P. 2011. *DNA Barcode Libraries Provide Insight into Continental Patterns of Avian Diversification*. PLoS ONE, 6(7), 0. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0020744>
- Maturana, J; Bello, M. y Manely, M. 2004. *Antecedentes históricos y descripción del fenómeno El Niño, Oscilación del Sur*. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, 1(1), 13–27.
- McCain, C. 2009. *Vertebrate range sizes indicate that mountains may be higher in the tropics*. Ecology Letters, 12(1), 550–560.
- Melgar, W. 2003. *Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques de Guatemala*. FAO.
- Miller, A; R. Primack y C. Sekercioglu. 2010. *Conservation consequences of climate change for birds*. [con acceso el 19 de agosto 2018] En: http://sekercioglu.biology.utah.edu/pdfs/miller_rushing%202010%20effects%20of%20climate%20change%20on%20birds.pdf
- Mueller, W., Diehl, S., Lepczyk, C. y Trick, J. 2015. *Climate change and birds*. Wisconsin Bird Conservation Initiative, 1–13.
- Parmesan, C. y Yohe, G. 2003. *A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems*. Nature, 421(6918), 37–42. <https://doi.org/10.1038/nature01286>
- Peet, R. 1974. *The measurement of species diversity*. Ecology and Systematics, 5(1): 285-307.
- Picaut, J; Masia, F. y Du Penhoat, Y. 1997. *An advective-reflective conceptual model for the oscillatory nature of the ENSO*. Science Journal, 277(1), 663–666.
- Pizarro, O. y A. Montecinos. 2005. *El Niño y la Oscilación del Sur*. En: Werlinger, C; K. Alveal y H. Romo. (Vol. 11). *Biología marina y oceanografía: conceptos y procesos*. Consejo Nacional del Libro y la Lectura. 195- 224 pp.

- Quezada, L.; Rodas, L. y Marroquín, A. 2016. *Diversidad de encinos en Guatemala; una alternativa para bosques enérgicos, seguridad alimentaria y mitigación al cambio climático*. Fase I. Las Verapaces y Petén. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Ramírez, S; A. Pérez, J. García, A. Gómez y M. Vargas. 2012. *Criterios para la selección de especies herbáceas ornamentales para su uso en paisajismo*. Revista Scielo, 18(1).
- Roldán, G; J, Ramírez. 1992. *Fundamentos de limnología neotropical*. Editorial Universidad de Antioquia, Colombia. 421 pp.
- Ropelewski, C. y Halpert, M. S. 1987. *Global and Regional Scale Precipitation Patterns Associated with the El Niño/Southern Oscillation*. Monthly Weather Review, 115(8),1606–1626.[https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1987\)115<1606:GARSPP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1987)115<1606:GARSPP>2.0.CO;2)
- Ruano, S. y Milan, A. 2014. *Climate change, rainfall patterns, livelihoods and migration in Cabrican*. Guatemala, (14), 76.
- Rtopics. 2018. *Package "BiodiversityR"*. [con acceso el 6 octubre 2018] En: <https://cran.r-project.org/web/packages/BiodiversityR/BiodiversityR.pdf>
- Sam, K; B. Koane, S. Jeppy y V. Novotny. 2014. *Effect of forest fragmentation on bird species richness in Papua New Guinea*. Journal of field Ornithology. 85(2):152-167.
- Sánchez, O.; Vega, E., Peters, E. y Monroy-Vilchis, O. 2003. *Conservación de ecosistemas templados en México* (Primera edición). México: Instituto Nacional de Ecología.
- Sarachik, E. y M. Cane. 2010. *The El Niño-Southern oscillation phenomenon*. Cambridge Press: New York. 364 pp.
- Savard, J; P. Clergeau y G. Mennechez. 2000. *Biodiversity concepts and urban ecosystems*. EL SEVIER, 48(1): 131-142.
- Sekercioglu, C., Primack, R. y Wormworth, J. 2012. *The effects of climate change on tropical birds*. Biological Conservation, 1(148), 1–18.
- Sekercioglu, C. 2007. *Conservation Ecology: Area Trumps Mobility in Fragment Bird Extinctions*. Science Direct, 17(8): 283-286.
- Sheinbaum, J. 2003. *Current theories on El Niño-Southern Oscillation: A review*. Geofísica Internacional, 42(3): 291–305.
- Shoo, L.; Williams, S. y Hero, J. 2005. *Climate warming and the rainforest birds of the Australian Wet Tropics: using abundance data as a sensitive predictor of change in tropical population size*. Biological Conservation, 125(1), 335–343.
- Suarez, M. y P. Schoff. 1988. *A delayed action oscillator for ENSO*. Nota científica. Journal of the Atmospheric Sciences. 45(21): 3283-3287.

- Standley, P. y Steyermark, J. 1952. *Flora of Guatemala*. Part III (Vol. 1). Chicago: Fieldiana Botany.
- Stenseth, N. et al. 2003. *Studying climate effects on ecology through the use of climate indices: the North Atlantic Oscillation, El Niño Southern Oscillation and beyond*. The Journal Society, 1(270), 2087–2096.
- Tabur, M. y Ayvaz, Y. 2010. *Ecological Importance of Birds*. Sulleyman Demirel University.
- Uría, R. y N. Montaldo. *Jardines para atraer picaflores: plantas nativas y exóticas y otros elementos para crearlos*. Editorial Orientación gráfica Editora. 202 pp.
- Verea, C. y A. Solórzano. 1998. *La avifauna del sotobosque de una selva decidua tropical en Venezuela*. Ornitología Tropical, 9(1): 161-176.
- Walther, G; E. Post, P. Convey, A. Menzel, C. Parmesan, T. Beebee, J. Fromentin, O. Hoegh y F. Bairlein. *Ecological responses to recent climate change*. *Nature journal*, 416 (1): 389-395.
- Verea, C. y A. Solórzano. 1998. *La avifauna del sotobosque de una selva decidua tropical en Venezuela*. Ornitología Tropical, 9(1): 161-176.
- Weisberg, R. y Wang, C. 1997. *A western Pacific oscillator paradigm for the El Niño-Southern Oscillation*. Geophysical research letters, 24(7), 779–782.
- Werlinger, C; K. Alveal y H. Romo. 2005. *Biología marina y oceanografía: conceptos y procesos*. Vol. 11. Editorial Consejo Nacional del Libro y la Lectura, Chile. 696 pp.
- Whelan, C., Sekercioglu, C. y Wenny, C. 2015. *Why birds matter: from economic ornithology to ecosystem services*. Journal of Ornithology, 1(1), 16–34.
- WWF. 2016. *Central America: Southern Mexico, southern Guatemala, into Honduras, El Salvador, and Nicaragua Ecoregions* WWF. Recuperado el 12 de septiembre de 2018, de <https://www.worldwildlife.org/ecoregions/nt0303>

XI. ANEXOS

Anexo 1. Listado de especies registradas para el año 2017

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Estado de Conservación IUCN
Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina passerina</i>	Tortolita común	LC
		<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma montaraz común	LC
		<i>Zentrygon albifacies</i>	Paloma perdiz cariblanca	LC
Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia cyanocephala</i>	Colibrí corona azul	LC
		<i>Campylopterus hemileucurus</i>	Colibrí morado	LC
		<i>Campylopterus rufus</i>	Fandanguero rufo	LC
		<i>Colibri thalassinus</i>	Colibrí orejazul	LC
		<i>Eugenes fulgens</i>	Colibrí magnífico	LC
		<i>Hylocharis leucotis</i>	Colibrí de oreja blanca	LC
		<i>Lampornis viridipallens</i>	Colibrí garganta verde	LC
		<i>Lampornis amethystinus</i>	Colibrí garganta ametista	LC
		<i>Timaltura dupontii</i>	Colibrí de Dupont	-
Strigiformes	Strigidae	<i>Glaucidium cobanense</i>	Buhó pigmeo guatemalteco	LC
Trogoniformes	Trogonidae	<i>Trogon mexicanus</i>	Trogón de montaña	LC
Coraciiformes	Momotidae	<i>Aspatha gularis</i>	Momoto gorgiazul	LC
Piciformes	Picidae	<i>Colaptes auratus</i>	Carpintero escapulario	LC

Passeriformes	Thamnophilidae	<i>Thamnophilus doliatus</i>	Batará barrado	LC
	Grallariidae	<i>Grallaria guatemalensis</i>	Totoroi dorsiescamado	LC
	Furnariidae	<i>Clibanornis rubiginosus</i>	Ticotico castaño	LC
		<i>Lepidocolaptes affinis</i>	Trepatroncos corona punteada	LC
		<i>Sittasomus griseicapillus</i>	Trepatroncos olivaceo	LC
	Tyrannidae	<i>Empidonax flavescens</i>	Mosquero amarillento	LC
		<i>Mionectes oleagineus</i>	Mosquero aceitunado	LC
		<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Copetón capirotdado	LC
		<i>Zimmerius vilissimus</i>	Mosquero centroamericano	LC
	Tityridae	<i>Pachyramphus aglaeiae</i>	Degollado	-
	Vireonidae	<i>Cyclarhis gujanensis</i>	Vireón cejirrufo	LC
	Troglodytidae	<i>Campylorhynchus zonatus</i>	Matraca	LC
		<i>Cantorchilus modestus</i>	Ratona modesta	LC
		<i>Henicorhina leucophrys</i>	Cucarachero pecho gris	LC
		<i>Henicorhina leucosticta</i>	Cucarachero pecho blanco	LC
		<i>Troglodytes aedon</i>	Cucarachero común	LC
		<i>Troglodytes rufociliatus</i>	Cucarachero ceja rufa	LC
	Turdidae	<i>Catharus aurantiirostris</i>	Zorzalito piquinaranja	LC
		<i>Catharus ustulatus</i>	Zorzal de Swainson	LC
		<i>Myadestes occidentalis</i>	Guardabarrancos	LC
		<i>Myadestes unicolor</i>	Guardabarrancos unicolor	LC
<i>Turdus grayi</i>		Cenzontle	LC	
<i>Turdus rufitorques</i>		Mirlo de pecho café	LC	

Passeriformes	Mimidae	<i>Melanotis hypoleucus</i>	Mulato pechiblanco	LC
	Fringillidae	<i>Hesperiphona abeillei</i>	Pepitero encapuchado	LC
	Parulidae	<i>Basileuterus rufifrons</i>	Chipe coronirrufa	LC
		<i>Basileuterus belli</i>	Chipe ceja dorada	LC
		<i>Myioborus miniatus</i>	Pavito	LC
		<i>Oreothlypis superciliosa</i>	Chipe pechimanchado	LC
	Thraupidae	<i>Sporophila torqueola</i>	Semillero collarejo	LC
	Emberizidae	<i>Aimophila rufescens</i>	Gorrión sabanero rojizo	LC
		<i>Arremon brunneinucha</i>	Saltón gargantillo	LC
		<i>Atlapetes albinucha</i>	Atlapetes barbiamarillo	LC
		<i>Chlorospingus flavopectus</i>	Tangara oftálmica	LC
	Icteridae	<i>Amblycercus holosericeus</i>	Cacique pico claro	LC
		<i>Icterus chrysater</i>	Turpial toche	LC
		<i>Molothrus aeneus</i>	Vaquero de ojos rojos	LC
		<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate	LC

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Estado de Conservación IUCN
Galliformes	Cracidae	<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca	LC
Columbiformes	Columbidae	<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma montaraz común	LC
		<i>Zentrygon albifacies</i>	Paloma perdiz cariblanca	LC
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	Cucú ardilla	LC
Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia cyanocephala</i>	Colibrí coroniazul	LC
		<i>Campylopterus hemileucurus</i>	Colibrí morado	LC
		<i>Campylopterus rufus</i>	Fandanguero rufo	LC
		<i>Colibri thalassinus</i>	Colibrí orejazul	LC
		<i>Doricha enicura</i>	Colibrí colirrarero	LC
		<i>Eugenes fulgens</i>	Colibrí magnífico	LC
		<i>Hylocharis leucotis</i>	Colibrí oreja blanca	LC
		<i>Lampornis amethystinus</i>	Colibrí garganta ametista	LC
		<i>Lampornis viridipallens</i>	Colibrí garganta verde	LC
		<i>Phaethornis striigularis</i>	Ermitaño golirrayado	LC
		<i>Timaltura dupontii</i>	Colibrí de Dupont	-
Strigiformes	Strigidae	<i>Glaucidium cobanense</i>	Mochuelo cobanense	LC
Trogoniformes	Trogonidae	<i>Trogon mexicanus</i>	Trogon de montaña	LC
Coraciiformes	Momotidae	<i>Aspatha gularis</i>	Momoto gorgiazul	LC
		<i>Momotus lessonii</i>	Barranquero	LC
Piciformes	Ramphastidae	<i>Aulacorhynchus prasinus</i>	Tucaneta esmeralda	LC
	Picidae	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Cheje	LC
		<i>Melanerpes formicivorus</i>	Carpintero arlequín	LC
		<i>Picoides villosus</i>	Pico vellosa	LC

Anexo 2. Listado de especies registradas para el año 2018

Passeriformes	Furnariidae	<i>Clibanornis rubiginosus</i>	Ticotico castaño	LC
		<i>Lepidocolaptes affinis</i>	Trepatroncos corona punteada	LC
		<i>Xiphocolaptes promeropirhynchus</i>	Trepatroncos gigante	LC
	Tyrannidae	<i>Empidonax hammondi</i>	Mosquero de Hammond	LC
		<i>Mionectes oleagineus</i>	Mosquero aceitunado	LC
		<i>Myiodynastes luteiventris</i>	Bienteveo ventriazufrado	LC
		<i>Oncostoma cinereigulare</i>	Mosquerito piquicurvo norteño	LC
		<i>Rhynchocyclus brevirostris</i>	Picoplano de anteojos	LC
	Tityridae	<i>Pachyramphus aglaiae</i>	Degollado	LC
	Vireonidae	<i>Vireolanius melitophrys</i>	Vireón pecho castaño	LC
	Corvidae	<i>Cyanocitta stelleri</i>	Shara crestada	LC
		<i>Cyanocorax melanocyaneus</i>	Shara centroamericana	LC
	Aegithalidae	<i>Psaltriparus minimus</i>	Mito de arbustos	LC
	Troglodytidae	<i>Campylorhynchus zonatus</i>	Matraca	LC
		<i>Henicorhina leucophrys</i>	Cucarachero pecho gris	LC
		<i>Henicorhina leucosticta</i>	Cucarachero pecho blanco	LC
		<i>Troglodytes aedon</i>	Cucarachero común	LC
		<i>Troglodytes rufociliatus</i>	Chivirín ceja rufa	LC
	Turdidae	<i>Catharus guttatus</i>	Zorzal ermitaño	LC
		<i>Catharus ustulatus</i>	Zorzalito de Swainson	LC
		<i>Hylocichla mustelina</i>	Zorzal maculado	NT
<i>Turdus grayi</i>		Cenzontle	LC	
<i>Turdus infuscatus</i>		Tordo negro	LC	
<i>Turdus rufitorques</i>		Mirlo de pecho café	LC	

Passeriformes	Mimidae	<i>Melanotis hypoleucus</i>	Mulato pechiblanco	LC
		<i>Myadestes occidentalis</i>	Guardabarrancos	LC
		<i>Myadestes unicolor</i>	Guardabarrancos unicolor	LC
		<i>Dumetella carolinensis</i>	Mimido gris	LC
	Parulidae	<i>Basileuterus belli</i>	Chipe ceja dorada	LC
		<i>Basileuterus rufifrons</i>	Chipe gorrirrufo	LC
		<i>Cardellina pusilla</i>	Chipe corona negra	LC
		<i>Geothlypis tolmiei</i>	Chipe cabecigris de Tolmiei	LC
		<i>Myioborus miniatus</i>	Pavito	LC
		<i>Oreothlypis superciliosa</i>	Chipe pechimanchado	LC
	Thraupidae	<i>Ramphocelus passerinii</i>	Tangara grupirroja	LC
		<i>Saltator maximus</i>	Saltador de cabeza negra	LC
	Emberizidae	<i>Aimophila rufescens</i>	Gorrión sabanero rojizo	LC
		<i>Arremon brunneinucha</i>	Saltón gargantillo	LC
		<i>Atlapetes albinucha</i>	Atlapetes barbiamarillo	LC
		<i>Chlorospingus flavopectus</i>	Tangara oftálmica	LC
		<i>Diglossa bariluta</i>	Picaflor canelo	-
		<i>Melospiza lincolni</i>	Gorrión de Lincoln	LC
		<i>Tiaris olivaceus</i>	Semillero cariamarillo	LC
		<i>Zonotrichia capensis</i>	Coronadito	LC
Icteridae	<i>Dives dives</i>	Tordo cantor	LC	
	<i>Icterus chrysater</i>	Turpial toche	LC	
	<i>Molothrus aeneus</i>	Vaquero de ojos rojos	LC	
	<i>Psarocolius wagleri</i>	Oropendola cabecicastaña	LC	

Anexo 3. Modelos de ANOVAS

Abundancia

```
> summary(AnovaModel.1)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Año     1   820    820  0.35  0.58
Residuals 6 14070   2345

> with(Indices, numSummary(abundance, groups=Año, statistics=c("mean", "sd")))
      mean  sd data:n
A2017 84.25 35.8922    4
A2018 104.50 58.3238    4
```

Riqueza

```
> summary(AnovaModel.2)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Año     1   60.5    60.5  1.79  0.23
Residuals 6 203.0    33.8

> with(Indices, numSummary(richness, groups=Año, statistics=c("mean", "sd")))
      mean  sd data:n
A2017 22.0 5.83095    4
A2018 27.5 5.80230    4
```

Berger

```
> summary(AnovaModel.3)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Año     1 0.00142 0.001423  1.62  0.25
Residuals 6 0.00527 0.000878

> with(Indices, numSummary(Berger, groups=Año, statistics=c("mean", "sd")))
      mean  sd data:n
A2017 0.201025 0.0224174    4
A2018 0.174353 0.0354119    4
```

Evenness

```
> summary(AnovaModel.4)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Año     1 0.0016 0.00163  0.15  0.71
Residuals 6 0.0634 0.01056

> with(Indices, numSummary(Eevenness, groups=Año, statistics=c("mean", "sd")))
      mean  sd data:n
A2017 0.636275 0.0934317    4
A2018 0.664841 0.1113408    4
```

Jevenness

```
> summary(AnovaModel.5)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Año     1 0.00115 0.00115  0.64  0.45
Residuals 6 0.01080 0.00180
```

```
> with(Indices, numSummary(Jevenness, groups=Año, statistics=c("mean", "sd")))
      mean      sd data:n
A2017 0.851062 0.0416963    4
A2018 0.875050 0.0431508    4
```

Simpson

```
> summary(AnovaModel.6)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Año     1 0.001320 0.001320  11.9 0.014 *
Residuals 6 0.000666 0.000111
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
> with(Indices, numSummary(Simpson, groups=Año, statistics=c("mean", "sd")))
      mean      sd data:n
A2017 0.896065 0.0137139    4
A2018 0.921752 0.0058184    4
```

Shannon

```
> summary(AnovaModel.7)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Año     1 0.151 0.1514  7.32 0.035 *
Residuals 6 0.124 0.0207
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
> with(Indices, numSummary(Shannon, groups=Año, statistics=c("mean", "sd")))
      mean      sd data:n
A2017 2.60326 0.1968150    4
A2018 2.87838 0.0511905    4
```

Simpson Inverso

```
> summary(AnovaModel.8)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Año     1 18.87 18.87 13.2 0.011 *
Residuals 6 8.61 1.43
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
> with(Indices, numSummary(inverseSimpson, groups=Año, statistics=c("mean", "sd")))
      mean      sd data:n
A2017 9.76064 1.411212    4
A2018 12.83210 0.936466    4
```

Anexo 4. Regresiones lineales y pruebas de heterocedasticidad

```
Regresion <- read.table("Regresion.csv", header=TRUE, sep="\t", na.strings="NA", dec=".", strip.white=TRUE)
```

```
> TempHylocaris <- lm(Hylocharis.leucotis~Temperatura, data=Regresion)
```

```
> summary(TempHylocaris)
```

Call:

```
lm(formula = Hylocharis.leucotis ~ Temperatura, data = Regresion)
```

Residuals:

```
   Min    1Q  Median    3Q   Max
-3.872 -2.729 -1.683  0.997 16.226
```

Coefficients:

```
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -47.902    74.636  -0.642  0.527
Temperatura (pendiente)  1.829     2.678  0.683  0.501
```

Residual standard error: 4.715 on 24 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.01907, Adjusted R-squared: -0.0218

F-statistic: 0.4666 on 1 and 24 DF, p-value: 0.5011

```
> lmtest::bptest(TempHylocaris) # Breusch-Pagan test (heterocedasticidad)
```

```
studentized Breusch-Pagan test
```

```
data: TempHylocaris
```

```
BP = 0.012952, df = 1, p-value = 0.9094
```

```
> car::ncvTest(TempHylocaris)
```

```
Non-constant Variance Score Test
```

```
Variance formula: ~ fitted.values
```

```
Chisquare = 0.03983166 Df = 1 p = 0.8418101
```

```
> TempMyioborus <- lm(Myioborus.miniatus~Temperatura, data=Regresion)
```

```
> summary(TempMyioborus)
```

Call:

```
lm(formula = Myioborus.miniatus ~ Temperatura, data = Regresion)
```

Residuals:

```
   Min    1Q  Median    3Q   Max
-1.4293 -0.7097 -0.2835  0.7610  3.0403
```

Coefficients:

```
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -31.5639    18.5947  -1.697  0.1025
Temperatura  1.1741     0.6673  1.760  0.0912 .
---
```

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

Residual standard error: 1.175 on 24 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.1143, Adjusted R-squared: 0.07737
F-statistic: 3.096 on 1 and 24 DF, p-value: 0.09121

```
> lmtest::bptest(TempMyioborus) # Breusch-Pagan test
```

studentized Breusch-Pagan test

data: TempMyioborus
BP = 0.48699, df = 1, p-value = 0.4853

```
> car::ncvTest(TempMyioborus)
Non-constant Variance Score Test
Variance formula: ~ fitted.values
Chisquare = 0.5952538 Df = 1 p = 0.4403947
```

```
> TempMyadestes <- lm(Myadestes.occidentalis~Temperatura, data=Regresion)
```

```
> summary(TempMyadestes)
```

Call:
lm(formula = Myadestes.occidentalis ~ Temperatura, data = Regresion)

Residuals:
Min 1Q Median 3Q Max
-1.8761 -0.8714 -0.3480 0.3383 7.1239

Coefficients:
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -70.200 28.266 -2.484 0.0204 *
Temperatura 2.547 1.014 2.511 0.0192 *

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

Residual standard error: 1.786 on 24 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.208, Adjusted R-squared: 0.175
F-statistic: 6.305 on 1 and 24 DF, p-value: 0.01918

```
> lmtest::bptest(TempMyadestes) # Breusch-Pagan test
```

studentized Breusch-Pagan test

data: TempMyadestes
BP = 2.8177, df = 1, p-value = 0.09323

```
> car::ncvTest(TempMyadestes)
Non-constant Variance Score Test
Variance formula: ~ fitted.values
Chisquare = 15.32446 Df = 1 p = 0.0000905368
```

```

> Regresion$Myadestesplus1 <- (Regresion$Myadestes.occidentalis + 1)
> Regresion$MyadestesBox <-car::boxCoxVariable(Regresion$Myadestesplus1)
> print(MyadestesBox)
> TempMyadestesBox <- lm(MyadestesBox~Temperatura, data=Regresion)
> summary(TempMyadestesBox)

Call:
lm(formula = MyadestesBox ~ Temperatura, data = Regresion)

Residuals:
    Min     1Q   Median     3Q      Max
-1.6112 -1.0390 -0.3854  0.0084  9.5578

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -65.186    34.801  -1.873  0.0733 .
Temperatura   2.314     1.249   1.853  0.0762 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.198 on 24 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1251,    Adjusted R-squared:  0.08869
F-statistic: 3.433 on 1 and 24 DF,  p-value: 0.07625

> lmtest::bptest(TempMyadestesBox) # Breusch-Pagan test

studentized Breusch-Pagan test

data: TempMyadestesBox
BP = 2.2534, df = 1, p-value = 0.1333

> car::ncvTest(TempMyadestesBox)
Non-constant Variance Score Test
Variance formula: ~ fitted.values
Chisquare = 17.17975   Df = 1   p = 0.00003400426

> TempAtlapetes <- lm(Atlapetes.albinucha~Temperatura, data=Regresion)
> summary(TempAtlapetes)

Call:
lm(formula = Atlapetes.albinucha ~ Temperatura, data = Regresion)

Residuals:
    Min     1Q   Median     3Q      Max
-0.9188 -0.8615 -0.3315  0.1986  3.0703

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  3.8897    17.5057  0.222  0.826

```

```

Temperatura -0.1092  0.6282 -0.174  0.863

Residual standard error: 1.106 on 24 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.001258,    Adjusted R-squared:  -0.04036
F-statistic: 0.03023 on 1 and 24 DF,  p-value: 0.8634

> lmtest::bptest(TempAtlapetes) # Breusch-Pagan test

      studentized Breusch-Pagan test

data: TempAtlapetes
BP = 2.5688, df = 1, p-value = 0.109

> car::ncvTest(TempAtlapetes)
Non-constant Variance Score Test
Variance formula: ~ fitted.values
Chisquare = 3.615153  Df = 1  p = 0.05725545

> TempAspatha <- lm(Aspatha.gularis~Temperatura, data=Regresion)

> summary(TempAspatha)

Call:
lm(formula = Aspatha.gularis ~ Temperatura, data = Regresion)

Residuals:
    Min     1Q   Median     3Q     Max
-0.6254 -0.4404 -0.3346  0.4803  1.6918

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  7.7897    11.2542   0.692  0.495
Temperatura -0.2644     0.4038  -0.655  0.519

Residual standard error: 0.7109 on 24 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.01754,    Adjusted R-squared:  -0.02339
F-statistic: 0.4285 on 1 and 24 DF,  p-value: 0.5189

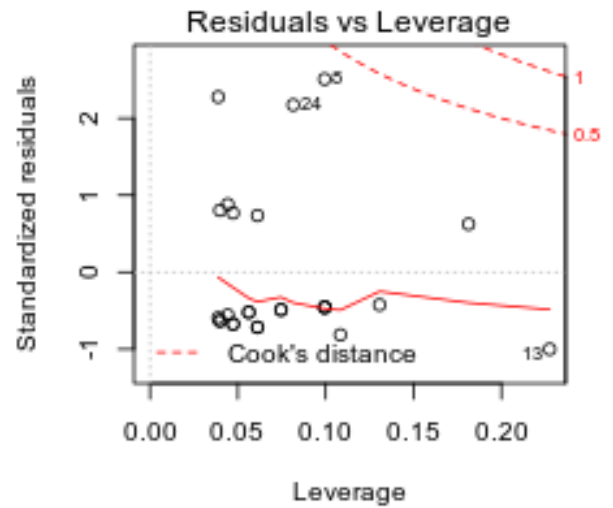
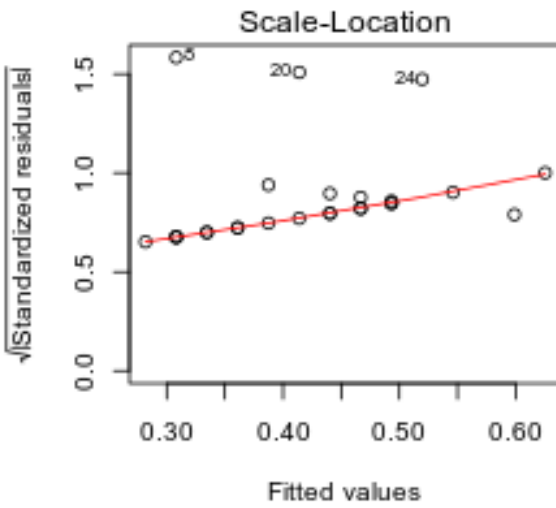
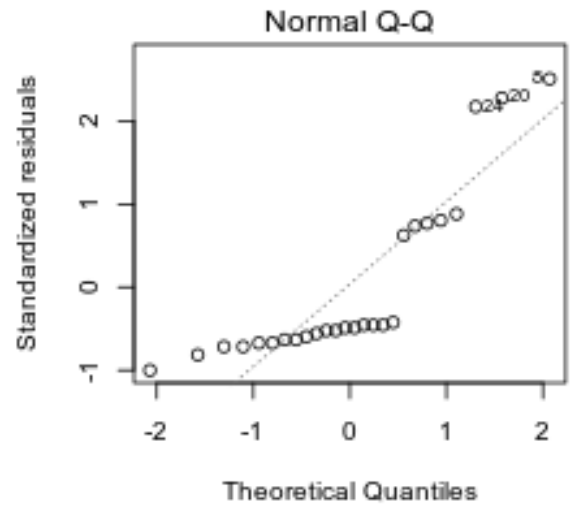
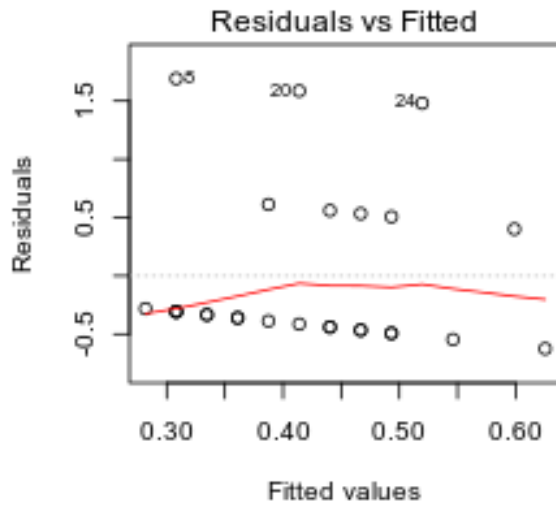
> lmtest::bptest(TempAspatha) # Breusch-Pagan test

      studentized Breusch-Pagan test

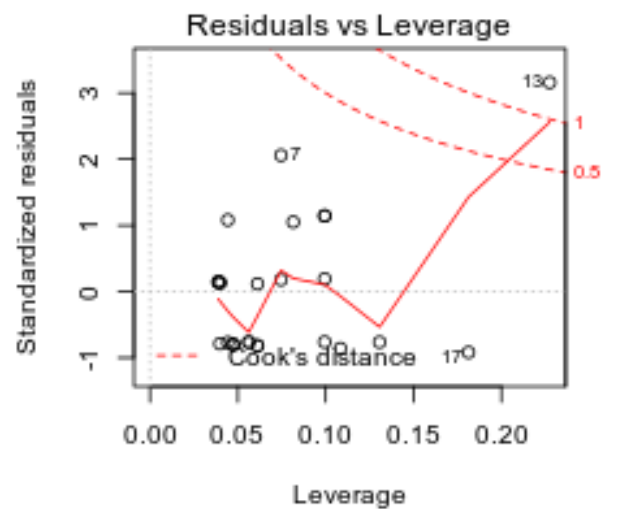
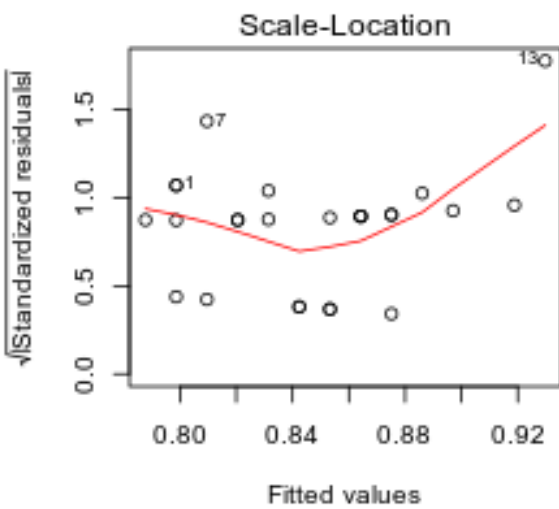
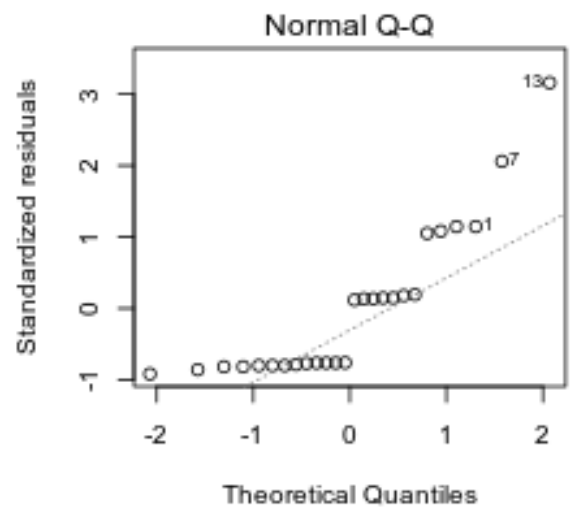
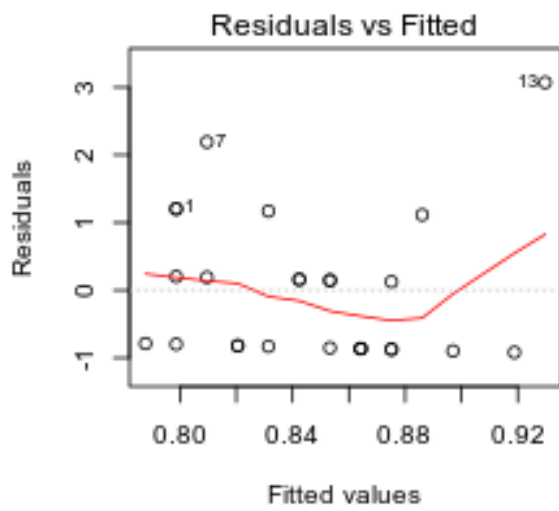
data: TempAspatha
BP = 0.0000022666, df = 1, p-value = 0.9988

> car::ncvTest(TempAspatha)
Non-constant Variance Score Test
Variance formula: ~ fitted.values
Chisquare = 0.000002954143  Df = 1  p = 0.9986286

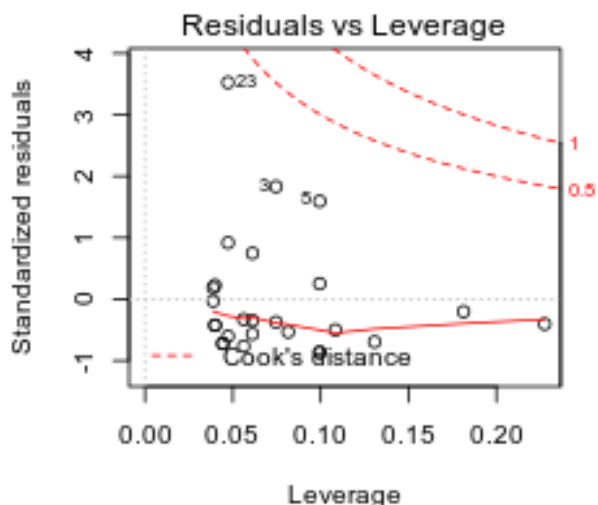
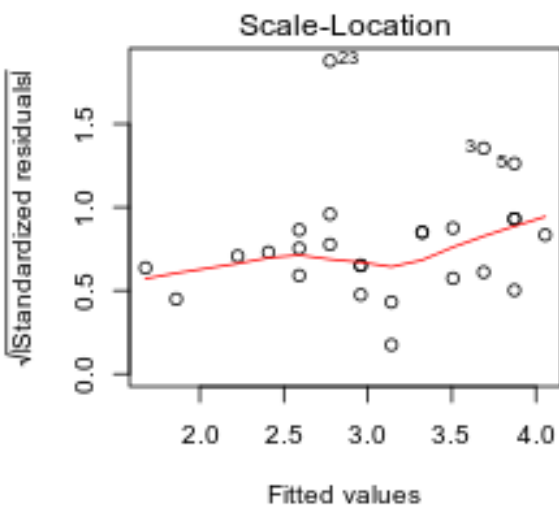
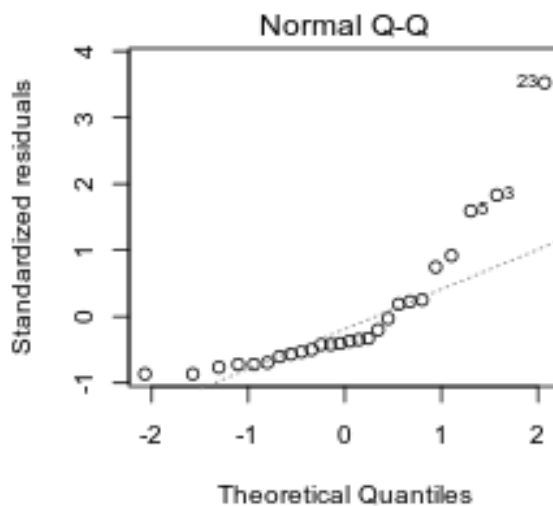
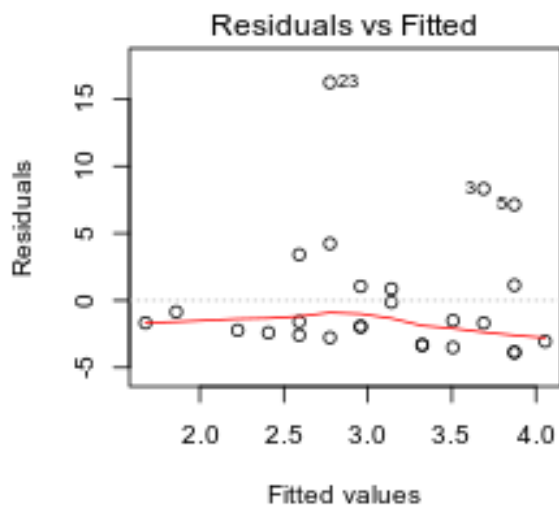
```



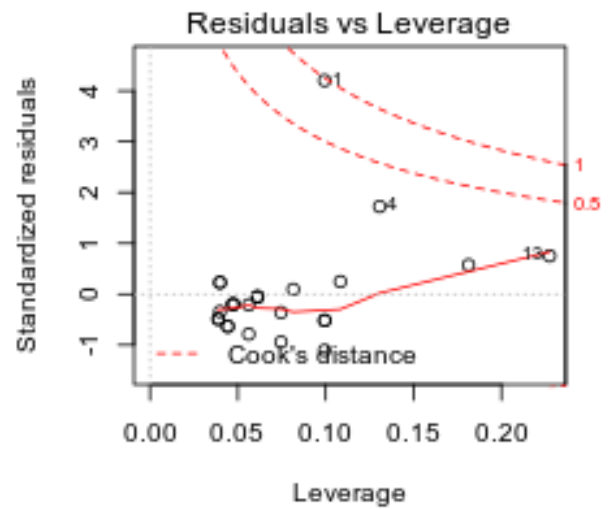
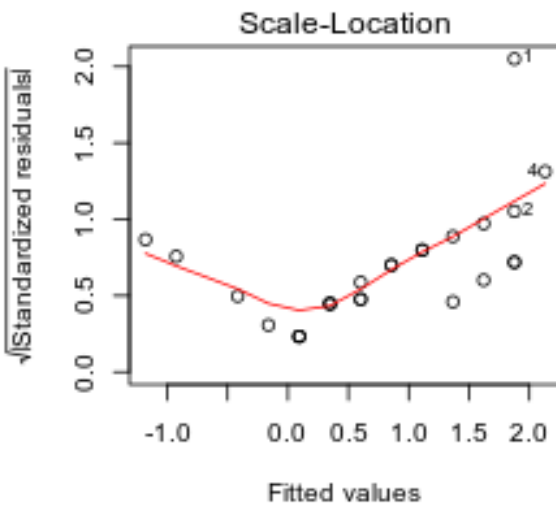
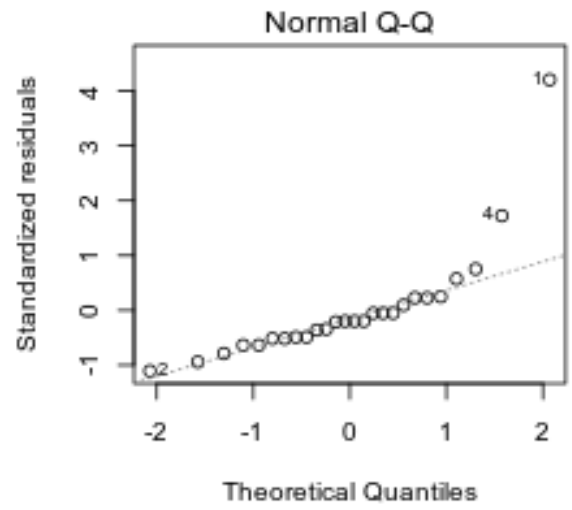
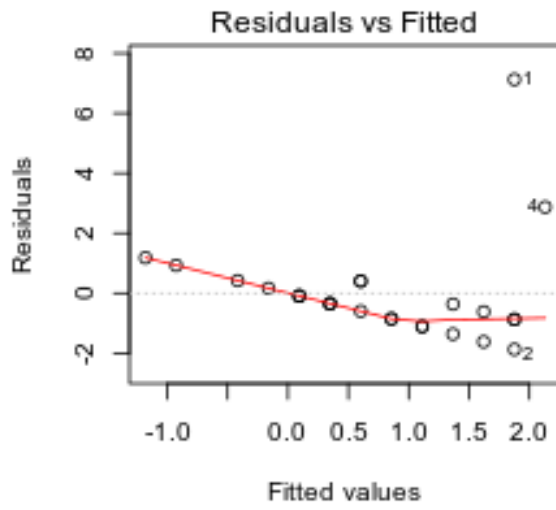
Anexo 5. Pruebas de homocedasticidad para el modelo de *Aspatha gularis*



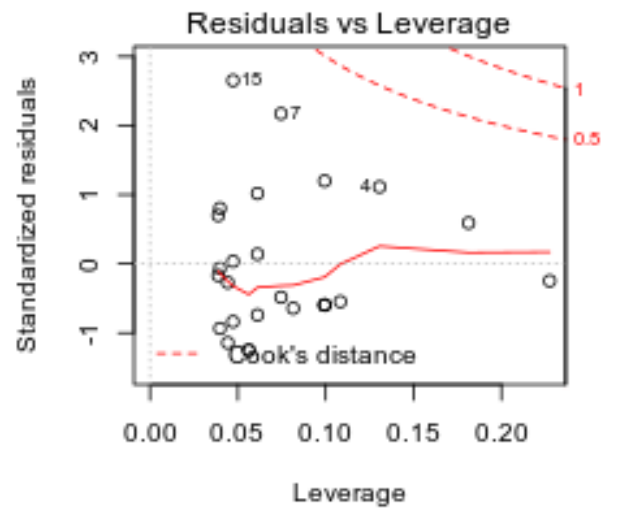
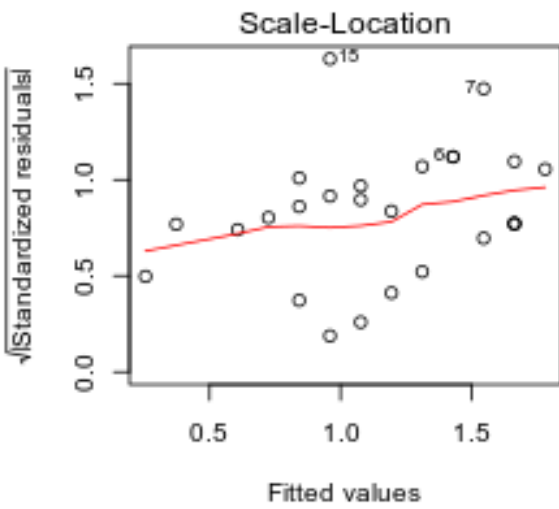
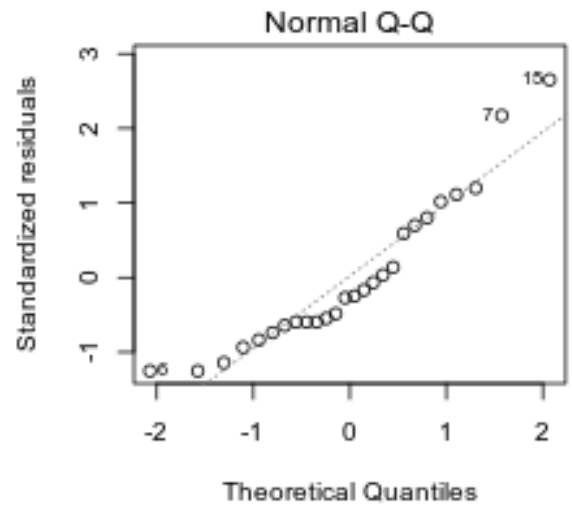
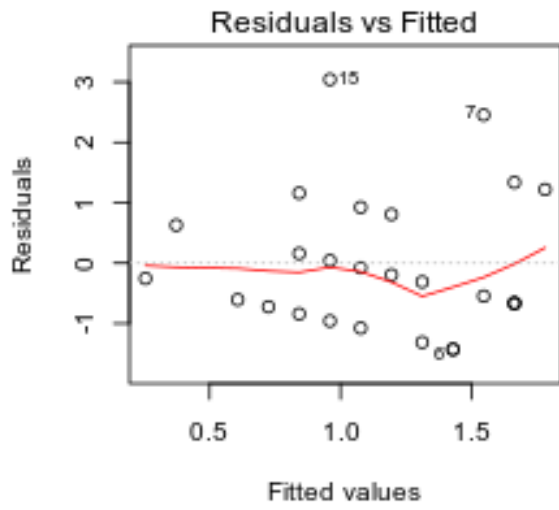
Anexo 6. Pruebas de homocedasticidad para el modelo de *Atlapetes albinucha*



Anexo 7. Pruebas de homocedasticidad para el modelo de *Hylocharis leucotis*



Anexo 8. Pruebas de homocedasticidad para el modelo de *Myadestes occidentalis*



Anexo 9. Pruebas de homocedasticidad para el modelo de *Myioborus miniatus*



Anexo 10. *Eugenes fulgens* macho capturado en Tecpán



Anexo 11. *Lampornis viridipallens* hembra capturado en Tecpán



Anexo 12. *Colibri thalassinus* capturado en Tecpán



Anexo 13. *Hylocharis leucotis* macho capturado en Tecpán



Anexo 14. *Zonotrichia capensis* capturado en Tecpán



Anexo 15. *Icterus chrysater* capturado en Tecpán



Anexo 16. *Psaltriparus minimus* hembra capturado en Tecpán



Anexo 17. *Aspatha gularis* capturado en Tecpán



Anexo 18. *Glaucidium cobanense* capturado en Tecpán



Anexo 19. *Basileuterus rufifrons* capturado en Tactic



Anexo 20. *Amazilia cyanocephala* capturado en Tactic



Anexo 21. *Hylocharis leucotis* capturado en Tactic



Anexo 22. *Phaethornis striigularis* capturado en Tactic



Anexo 23. *Campylopterus hemileucurus* capturado en Tactic



Anexo 24. *Lampornis viridipallens* capturado en Tactic



Anexo 25. *Aimophila rufescens* capturado en Tactic



Anexo 26. *Mionectes oleagineus* capturado en Tactic



Anexo 27. *Clibanornis rubiginosus* capturado en Tactic



Anexo 28. *Arremon brunneinucha* capturado en Tactic



Anexo 29. *Hylocichla mustelina* capturado en Quiché



Anexo 30. *Geothlypis tolmiei* capturado en Quiché



Anexo 31. *Basileuterus belli* capturado en Quiché



Anexo 32. *Chlorospingus flavopectus* capturado en Quiché



Anexo 33. *Lepidocolaptes affinis* capturado en San Bartolomé Milpas Altas



Anexo 34. *Myadestes occidentalis* capturado en San Bartolomé Milpas Altas



Anexo 35. *Myiobotus miniatus* capturado en San Bartolomé Milpas Altas



Anexo 36. *Henicorhina leucophrys* capturada en San Bartolomé Milpas Altas



Anexo 37. *Troglodytes aedon* capturado en San Bartolomé Milpas Altas

