



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FACULTAD DE CIENCIAS
SISTEMATICA

**“Efecto del tamaño del área y el cambio de cobertura vegetal en la
composición de la avifauna de Bosques Mesófilos de Montaña en Los
Tuxtlas, Veracruz”**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

OCAMPO SANDOVAL MARISOL

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. LUIS ANTONIO SÁNCHEZ GONZÁLEZ
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM
COMITÉ TUTOR: DR. ADOLFO GERARDO NAVARRO SIGÜENZA
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM
DR. IAN MACGREGOR FORS
INSTITUTO DE ECOLOGÍA
MÉXICO, D.F. SEPTIEMBRE, 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FACULTAD DE CIENCIAS
SISTEMATICA

**“Efecto del tamaño del área y el cambio de cobertura vegetal en la
composición de la avifauna de Bosques Mesófilos de Montaña en Los
Tuxtlas, Veracruz”**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

OCAMPO SANDOVAL MARISOL

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. LUIS ANTONIO SÁNCHEZ GONZÁLEZ
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM
COMITÉ TUTOR: DR. ADOLFO GERARDO NAVARRO SIGÜENZA
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM
DR. IAN MACGREGOR FORS
INSTITUTO DE ECOLOGÍA
MÉXICO, D.F. SEPTIEMBRE, 2015



POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

OFICIO FCIE/DEP/573/15

ASUNTO: Oficio de Jurado

Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día **1 de junio de 2015** se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** en el campo de conocimiento de **Sistemática** del (la) alumno (a) **OCAMPO SANDOVAL MARISOL** con número de cuenta **304190342** con la tesis titulada **"Efecto del tamaño del área y el cambio de cobertura vegetal en la composición de la avifauna de Bosques Mesófilos de Montaña en Los Tuxtlas, Veracruz"**, realizada bajo la dirección del (la) **DR. LUIS ANTONIO SÁNCHEZ GONZÁLEZ**:

Presidente: DR. JUAN JOSÉ MORRONE LUPI
Vocal: DR. CÉSAR ANTONIO RÍOS MUÑOZ
Secretario: DR. ADOLFO GERARDO NAVARRO SIGÜENZA
Suplente: DR. OCTAVIO RAFAEL ROJAS SOTO
Suplente: DR. IAN MACGREGOR FORS

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

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 1 de septiembre de 2015


Dra. María del Coro Arizmendi Arriaga
Coordinadora del Programa

MCAA/MJFM/ASR/mnm



Agradecimientos

Primeramente quiero agradecer al Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM, por haberme dado la oportunidad de continuar con mi formación profesional.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada en la realización de mis estudios de maestría (No. De CVU: 508852).

Así mismo agradezco a la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) por el apoyo financiero para la realización del trabajo de campo a través del proyecto IN-217212 “Patrones geográficos de la diversidad de aves de las zonas montañosas de Mesoamérica”

Especialmente agradezco a mi tutor Principal, el Dr. Luis Antonio Sánchez González, a los miembros de mi Comité Tutor, el Dr. Adolfo Navarro Sigüenza y el Dr. Ian MacGregor Fors por su participación durante la elaboración de este proyecto.

También agradezco el apoyo recibido por el personal de la CONANP de la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas, Martha Lozada y el Ingeniero Escobar; a la red de monitores de aves que hicieron el favor de ser guías durante el trabajo de campo. Agradezco el apoyo del personal de la Estación de Biología Tropical de la UNAM “Los Tuxtlas” y a su directora la Biol. Rosamond Coates.

Adicionalmente agradezco al Biol. Humberto Berlanga y Rubén Ortega de CONABIO y al Dr. José Juan Flores Martínez del Instituto de Biología de la UNAM por su colaboración y las facilidades otorgadas durante la realización de este proyecto.

Agradecimientos a título personal

Me gustaría agradecer sinceramente a mi asesor de tesis, Dr. Luis Antonio Sánchez González. Sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y su motivación han sido fundamentales para mi formación. A su manera, ha sido capaz de ganarse mi lealtad y admiración, así como sentirme en deuda con él por todo lo recibido durante el periodo que ha durado esta tesis.

A mi comité, el Dr. Ian y el Dr. Adolfo Navarro por sus ideas y sugerencias ayudaron a realizar correctamente este proyecto.

A Humberto Berlanga, Rubén Ortega, Rossamont Coates, Martha Lozada, Los monitores de aves Don Claudio y Don Pedro, Don Braulio y Don David, Don Guillermo y el Ing. Escobar por las facilidades y el apoyo recibido.

A mi compañero Arturo por creer en mi capacidad, por su paciencia interminable, por las ideas, la compañía, el aliento para seguir y el trabajo duro de todas las salidas de campo.

A Fanny Rebón por todo el cariño y la motivación a lo largo de toda mi formación como bióloga.

A Alejandro Gordillo por el apoyo, la ayuda y el seguimiento del proyecto.

Al Dr. José Juan y al Dr. Ángel por las sugerencias, los comentarios, la ayuda recibida y los cafecitos.

A mis amigos aventureros que fueron a trabajar arduamente conmigo a campo: Alfonsina, Aura, Cesar, Fernanda, Marco, Vanesa, Daniel y Fausto.

A mis familiares por todo el cariño

A mis amigos quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento y alegrías: Alfonsina, Aura, Fernanda, Daniel, Rubén, Cayetano, Fanny, Claudia, César, Jano, Polo, Arnaldo, Nancy, Emanuel, Mariana, Victor, Ariadna, Presy y Yare,

Con todo mi cariño para las personas que con su paciencia y comprensión prefirieron sacrificar su tiempo para que yo pudiera cumplir con el mío. Por motivarme y darme la mano cuando la necesitaba. Por inspirarme para ser mejor, ahora puedo decir que esta tesis lleva mucho de ustedes, gracias por estar siempre a mi lado:

A mis padres Ceci y Paco

A mi hermano José

A mi compañero Arturo

A mi hija Luz Adriana

A Fanny

A mi familia

Índice

Resumen	10
Abstract	11
Introducción y Antecedentes	12
Objetivo General	18
Objetivos particulares	18
Hipótesis	18
Métodos	19
Área de estudio	19
Registros biológicos	20
Clasificación de la cobertura de BMM	22
Composición avifaunística	23
Trabajo de campo	23
Análisis de los datos	24
Resultados	30
Clasificación de la cobertura de BMM	30
Composición avifaunística	31
Análisis de los datos	32
Discusión	35
Conclusiones	40
Literatura citada	41
Anexo. Lista anotada de especies por área de Los Tuxtlas	47

Índice de figuras y cuadros

Figura 1. Distribución del BMM en México _____	16
Figura 2. Áreas núcleo dentro de La Reserva de La Biosfera en la Sierra de Los Tuxtlas, Veracruz _____	20
Figura 3. Clasificación regional de BMM de CONABIO. _____	26
Figura 4. Cobertura final de BMM para el área de estudio y, las localidades visitadas _____	30
Figura 5. Recambio de especies entre las áreas de Los Tuxtlas y las áreas geográficas circundantes obtenido a partir del índice β_{sim} _____	33
Figura 6. Buffer alrededor de las UGOS analizadas _____	34
Cuadro 1. Clasificación de las UGO _____	25

Resumen

Los Bosques Mesófilos de Montaña (BMM) son el tipo de vegetación que contiene mayor riqueza de especies en la menor superficie; ya que ocupa menos del 1% de la superficie de nuestro país. Tiene una distribución naturalmente fragmentada que conforma islas de vegetación. La Sierra de los Tuxtlas (ST) se localiza en la planicie del Golfo de México aislada de cualquier otro sistema montañoso, a su vez, los BMM de esta sierra están aislados de otros bosques mesófilos, por lo que albergan una enorme biodiversidad. Este trabajo pretende conocer las afinidades geográficas de las comunidades de aves del BMM de la ST; para ello se incluyeron en el análisis las áreas de BMM más cercanas que son la Sierra Madre Oriental y de la Sierra de Chiapas. Se utilizó la clasificación regional propuesta por la CONABIO para definir las unidades de composición de aves en las siguientes subunidades correspondientes a BMM: Centro de Veracruz (4 sub), norte de Oaxaca (3 sub) y Montañas del Norte y Altos de Chiapas (2 sub).

El análisis de la avifauna del BMM en este proyecto puso a prueba la influencia de la distancia y la superficie en un tipo de vegetación particular en un sistema insular continental, mediante el análisis de los patrones de recambio, composición y estructura de la avifauna de los BMM de Los Tuxtlas. Por un lado, algunas de las predicciones de la teoría de biogeografía de islas de MacArthur y Wilson (1967) aplicadas a patrones como el recambio de especies se cumplieron. Este es el caso la distancia, el cual mostró una influencia significativa sobre el recambio. Por otro lado, las predicciones respecto a la influencia del tamaño de la superficie y el número de especies no resultaron significativas en este trabajo. La distancia no es el único factor que explica los valores de recambio; es necesario considerar el efecto de los tipos de vegetación circundantes, la escala geográfica y la heterogeneidad ambiental.

Abstract

Neotropical Humid Montane forest (BMM) are the kind of vegetation that has the greater richness of species in the lower surface; since it occupies less than 1% of the surface of Mexico. It has a naturally fragmented distribution of vegetation islands. The Sierra de Los Tuxtlas (ST) is located on the plain of the Gulf of Mexico, isolated from any other mountain range, in turn, the BMM of this area are isolated from other humid forests, so that harbor a great biodiversity. This study aims to determine the geographic affinities of bird communities of BMM of the ST; therefore they included in the analysis closer areas of the Sierra Madre Oriental and the Sierra de Chiapas. The regional classification proposed by CONABIO was used to define the following units of birds composition corresponding to BMM: Central Veracruz (4 subunits) north of Oaxaca (3 subunits) and northern mountains and highlands of Chiapas (2 subunits).

The analysis of the BMM avifauna in this work tested the influence of the distance and the surface in a particular type of vegetation on a continental island system, by analyzing patterns of beta-diversity, composition and structure of the BMM birds of Los Tuxtlas. On one hand, some of the predictions of the theory of island biogeography of MacArthur and Wilson (1967) as the applied to patterns of species turnover were accomplish. This is the case of the distance, which showed a significant influence on turnover. On the other hand, predictions regarding the influence of the size of the area and number of species were not significant in this work. Distance is not the only factor explaining the replacement values; it is necessary to consider the effect of surrounding vegetation types, geographical scale and environmental heterogeneity.



Introducción y Antecedentes

La teoría de la biogeografía de islas ha sido una de las contribuciones conceptuales más influyentes de la biogeografía, causando una revolución en su campo y continúa inspirando un amplio interés debido a que permite estimar el número de especies encontrado en una isla en función de un equilibrio dinámico (MacArthur y Wilson, 1963; Lomolino y Davis, 1997; Cook et al., 2002; Whittaker y Fernández-Palacios, 2006; Whittaker et al., 2007; Rosindell y Harmon. 2013; Matthews et al., 2015). Esta teoría postula que el número de especies que habitan en una isla es el resultado del equilibrio entre tasas opuestas de extinción y colonización (Brown y Kodric-Brown, 1977; Mayer y Chiple, 1992; Whittaker et al., 2008; Matthews et al., 2015). La teoría de MacArthur y Wilson (1963) sostiene que la colonización y la extinción son eventos recurrentes y, si las condiciones de insularidad se mantienen relativamente estables, estas fuerzas resultarán en un equilibrio dinámico en el número de especies (MacArthur y Wilson, 1963; Lomolino y Davis, 1997; Whittaker et al., 2008). La velocidad con la que las especies colonizan una isla depende del grado de aislamiento, es decir, de la distancia a una fuente de suministro de especies, mientras que la tasa de extinción local depende del área, es decir, el tamaño de la isla (Brown y Kodric-Brown, 1977; Whittaker et al., 2008; Xingfeng et al., 2014).

Esta teoría ha influenciado la interpretación de los patrones de diversidad en paisajes heterogéneos (Cook et al., 2002; Matthews et al., 2005) y fue creada inicialmente para estudiar patrones de diversidad en islas oceánicas (Mac Arthur y Wilson, 1963; Mayer y Chiple, 1992; Whitaker et al., 2008; Rosindell y Harmon. 2013; Helmus et al., 2014; Julvik y Austring, 2014; Matthews et al., 2015), aunque es a menudo aplicada a islas continentales como fragmentos de hábitat (Andrén, 1994; Whittaker y Fernández-Palacios, 2006; Field et al., 2009; Rueda et al., 2013; Vanschoenwinkel et al., 2013; Betts et al., 2014; Matthews et al., 2015), a sistemas de lagos (Xingfeng et al. 2014; Nolby et al., 2015) y a hábitats de montaña (Brown, 1971; Lomolino et al., 1989; Kratter, 1992; Grayson y Livingston, 1993; Lomolino y Davis, 1997; Matthews et al., 2015).



Una de las motivaciones para su aplicación en estos sistemas fue la observación de que la riqueza de especies varía con las diferencias de tamaño del hábitat, siendo concordante con lo postulado por la teoría de islas, permitiendo su aplicación en hábitats continentales continuos (Kratler, 1992; Cook et al., 2002; Matthews et al., 2015). En el caso del aislamiento, en algunas ocasiones presenta patrones concordantes con la teoría (Simberloff y Wilson, 1970; Julvik y Austring, 1979) y, en otras ocasiones no (Kratler, 1992; Lomolino y Davis, 1997; Xingfeng et al., 2014).

Muchas predicciones y supuestos de la teoría han sido refutados empíricamente (Brown, 1971; Lomolino y Davis, 1997), lo que sugiere que no tiene apoyo universal (Rosindell y Harmon, 2013). En consecuencia, existe un interés creciente en verificar las predicciones en distintos sistemas (Julvik y Austring, 1979; Andrén, 1994; Rosindell y Harmon, 2013; Xingfeng et al., 2014; Matthews et al., 2015) y realizados en diferentes grupos de organismos (Brown and Kodric-Brown, 1977; Kratler, 1992; Emerson y Kolm, 2005; Nolby et al., 2015). Lomolino y Davis (1997) evaluaron la influencia de la escala espacial y ecológica en la detección de patrones biogeográficos de montaña en la aplicación de la biogeografía de islas y encontraron que la escala afecta la interpretación de los resultados. Postularon que los filtros a la migración de las especies son distintos a diferentes escalas y los efectos del aislamiento y la superficie se hacen más evidentes cuando la escala se incrementa en la Gran Cuenca, Estados Unidos.

Cabe considerar, que el número de especies puede ser igual en dos islas, pero la composición de especies puede no ser la misma (Mayer y Chipley, 1992). No existen dos islas iguales. Se ha propuesto que la tasa de recambio a menudo se correlaciona directamente con el aislamiento de las islas (Brown y Kodric-Brown, 1977). Las islas muy alejadas tienen una alta proporción de especies endémicas (MacArthur y Wilson, 1963), lo que sugiere que sus tasas de recambio son más bajas que las islas más cercanas a los continentes (Brown y Kodric-Brown, 1977). Por ejemplo, Mayer y Chipley (1992) demostraron que las islas pequeñas tienen mayores tasas de recambio. Es notable que este patrón haya sido poco explorado en las islas oceánicas y continentales, y no es claro el



efecto de la superficie y de la escala geográfica en el recambio de especies (Brown, 1971; Gaston et al., 2007; Matthews et al., 2015)

En las islas continentales podemos suponer que la matriz que separa las islas de hábitat es inhóspito fragmentos de hábitats naturalmente discontinuos, tanto como el mar lo es para los colonos de las islas oceánicas (Andrén, 1994; Cook et al., 2002). En realidad, la composición de especies que se encuentra en la matriz afecta los patrones y predicciones de la biogeografía de islas en islas continentales, además, es necesario considerar el efecto de los gradientes ambientales. Cook et al. (2002) aplicaron la teoría a fragmentos de hábitat y encontraron que las predicciones son más evidentes cuando se retiran las especies que se comparten con la matriz. En algunos trabajos se ha encontrado que el aislamiento es menos importante que el tamaño del área en este tipo de islas (Kratler, 1992; Xingfeng et al., 2014) y, los gradientes ambientales pueden tener importantes efectos en las islas continentales debido a que comparten especies con el hábitat de interés (Risser, 1995; Bar-Massada y Wood, 2014).

Existe poca información que profundice en cómo el aislamiento y la superficie afectan a las comunidades de montaña y la mayoría de los trabajos se refieren a sistemas templados, por ejemplo, bosques de coníferas (Brown, 1971; Brown y Kodric-Brown, 1977; Lomolino et al., 1989; Grayson y Livingston, 1993; Lomolino y Davis, 1997). Es conocido que los patrones de diversidad, endemismo y recambio de especies son distintos entre las zonas tropicales debido a la ubicación geográfica, el clima, la historia, y los factores bióticos y abióticos (Rahbek, 2005; Field et al., 2009). La avifauna de la región Neotropical es una de las más diversas, ricas y amenazadas del mundo (Rojas-Soto et al., 2002; Navarro-Sigüenza et al., 2014) y se requieren estudios específicos que permitan predecir los patrones de diversidad observados en comunidades montañas tropicales, porque están integradas por especies que, debido a su aislamiento geográfico y generalmente tamaños limitados de área de distribución, son potencialmente parte de hábitats amenazados por cambio climático o pérdida de hábitat (Rojas-Soto et al., 2012). La evaluación correcta del efecto



del aislamiento y la superficie en comunidades tropicales montanas requiere de hábitats aislados naturalmente unos de otros (Williams-Linera, 2002).

Los bosques mesófilos de montaña (BMM) son un claro ejemplo de sistemas tropicales con una distribución fragmentada naturalmente (Hernández-Baños et al., 1995; Williams-Linera, 2002). Se encuentran como fragmentos restringidos a barrancas y laderas de montañas (Rzedowski, 1990; 2006; Hernández-Baños et al., 1995) y es uno de los ecosistemas más amenazados a nivel mundial (Flores y Gerez, 1994; CONANP, 2006; Martínez-Meyer et al., 2013). En México, el BMM es el ecosistema que alberga la mayor diversidad de especies de flora y fauna con relación a su área (Challenger, 1998; Ornelas et al., 2013). En nuestro país, ocupa menos del 1% de la superficie y posee estructura, afinidad florística y composición de especies diversas (Rzedowski, 1990, 2006; Hernández-Baños et al., 1995; Williams-Linera, 2002; Valdez et al., 2003; Castillo-Campos y Laborde, 2006; Sánchez-González et al., 2008; Ornelas et al., 2013). Estas características y la distribución natural fragmentaria del BMM, permiten su utilización como modelo de estudio para comprender la influencia del aislamiento y la superficie en zonas tropicales (Williams-Linera, 2002).

El BMM se encuentra en México en áreas reducidas donde la temperatura y los altos niveles de humedad permiten su desarrollo (Rzedowski, 1990; Hernández-Baños et al., 1995). Se distribuye desde el Sureste de San Luis Potosí, la Sierra Madre Oriental, el centro de Veracruz, desde el norte hasta el noreste de la Sierra de Oaxaca, desde Sinaloa de la Sierra Madre Oriental hasta la Sierra Madre del Sur de Chiapas, en los macizos montañosos de Chiapas y en la Franja Transmexicana. Destacan áreas aisladas en el suroeste de Tamaulipas, Guerrero, Sur de Oaxaca y en el centro de Nuevo León (Gual-Díaz y González-Medrano, 2014) (Fig. 1).

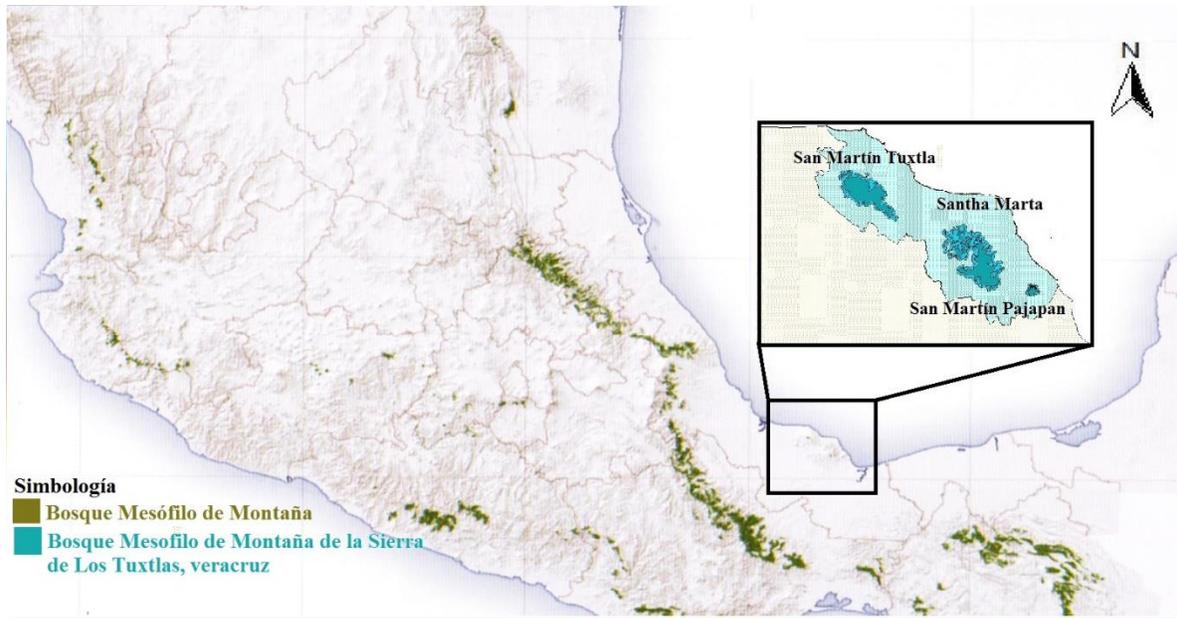


Figura 1. Distribución del BMM en México (Modificado de Gual-Díaz y González-Medrano, 2014).

Cabe mencionar que el BMM alberga una gran diversidad de aves con cerca de 1,700 especies a lo largo del Neotrópico (Stotz, et al., 1996). Esta avifauna se compone de especies restringidas al hábitat y de especies ampliamente distribuidas en las elevaciones bajas y altas colindantes (Escalante, Navarro y Peterson, 1993; Hernández-Baños et al., 1995; Brown y Kappelle, 2001; Valdez et al., 2003; Sánchez-González et al., 2008). Adicionalmente, el mayor porcentaje de endemismo en la avifauna mexicana se encuentra en los ambientes de montaña (Williams-Linera, 2012; Navarro et al., 2014) y debido a las condiciones necesarias para el desarrollo de estos bosques, varias de las especies se componen de poblaciones aisladas con flujo genético limitado o interrumpido (Sánchez-González et al., 2008). Otro aspecto sobresaliente del BMM es la gran heterogeneidad topográfica y microambiental que favorece los altos niveles de recambio de especies entre sitios (Williams-Linera, 2012).



La avifauna de los BMM de Los Tuxtlas se encuentra aislada de otros sistemas montañosos y varios trabajos previos consideran al BMM de Los Tuxtlas como un área de endemismo dentro de los BMM de Mesoamérica (Peterson et al., 2000; Sánchez-González et al., 2008; Ornelas et al., 2013). Adicionalmente, el BMM en la región se encuentra distribuido en tres fragmentos naturales de diferentes tamaños, lo que favorece su uso como modelo de estudio para comprender la influencia del aislamiento y la superficie en la avifauna de estos bosques (Williams-Linera, 2002).



Objetivo General

Evaluar la influencia que ha tenido el aislamiento y el tamaño del área en la avifauna del BMM de la Sierra de Los Tuxtlas, Veracruz con la finalidad de probar la aplicación de la teoría de biogeografía de islas en el BMM y contribuir a la explicación de los patrones geográficos observados.

Objetivos particulares

(i) Evaluar la influencia del aislamiento geográfico en la composición de la avifauna del BMM de la Sierra de Los Tuxtlas en comparación con los BMM circundantes.

(ii) Determinar la influencia de la distancia y el tamaño del área en el recambio de especies de aves del BMM de la Sierra de Los Tuxtlas y BMM circundantes.

Hipótesis

En este trabajo, para evaluar la influencia del aislamiento y la superficie sobre el endemismo, composición y recambio de aves de los BMM, se plantearon las siguientes hipótesis: (i) el aislamiento afecta la composición y estructura de las especies de aves que se encuentran en el BMM de Los Tuxtlas y las áreas de BMM circundante y (Simberloff y Wilson, 1970; Mayer y Chipley, 1992; Matthews et al., 2015) (ii) a mayor aislamiento y mayor diferencia en la superficie encontraremos mayores valores de recambio de especies (Mayer y Chipley, 1992; Brown y Kodric-Brown, 1997; Wittaker et al., 2007; Rosndell y Harmon, 2013).

Métodos

Área de estudio

La Sierra de Los Tuxtlas se encuentra en la llanura Costera del Golfo de México, en el sureste del estado de Veracruz (Castillo y Laborde, 2006) entre 18° 05' y 18° 45' de latitud norte y 94° 35' y 95° 30' de longitud oeste (Guevara et al., 2006). Está constituida por dos macizos montañosos divididos en la parte central por una caldera volcánica que alberga al lago Catemaco (CONABIO, 2010). La Sierra de Los Tuxtlas se extiende de forma paralela a la Costa del Golfo de México, en una superficie de aproximadamente 80 × 40 km en dirección Noroeste-Sureste (CONANP, 2006; CONABIO, 2010). El macizo montañoso de la parte norte está constituido por el Volcán San Martín Tuxtla y el macizo sureste está constituido por un complejo de estructuras volcánicas en diferentes estados de erosión, donde destacan el volcán Santa Martha y el volcán San Martín Pajapan. En la sierra pueden encontrarse hasta nueve tipos de vegetación incluyendo los BMM.

Los BMM se distribuyen en la Sierra de Los Tuxtlas entre 700-800 y 1,738 msnm en la pendiente continental, y desde 650 msnm hasta las cimas de los volcanes en la pendiente del Golfo de México (Guevara et al., 2006; CONABIO, 2010). Esta diferencia en la distribución de la altitud es debida a la orientación y exposición a los vientos húmedos provenientes del Golfo de México (CONABIO, 2010). Los BMM de la región se consideran poco degradados y fragmentados y se calcula que han perdido sólo 1 % de su superficie. Sin embargo, es el área con los BMM de menor superficie en el país, ya que a la fecha se estima que la superficie remanente bien conservada se aproxima a 11,518 ha en estado primario (CONABIO, 2010) y las presiones antropogénicas amenazan su calidad y permanencia (CONABIO, 2010). Estos BMM se encuentran dentro de un Área Natural Protegida catalogada como Reserva de la Biosfera (CONABIO, 2010).

Los BMM de la Sierra de Los Tuxtlas se encuentran distribuidos en tres áreas principales que contienen a las tres áreas núcleo de la Reserva de La Biosfera de Los Tuxtlas: el volcán San Martín Tuxtla, la Sierra de Santa Martha y el volcán San Martín Pajapan. Los BMM del volcán San Martín son los mejor conservados de la región, están poco degradados y fragmentados y tienen valores de



conectividad muy altos (CONABIO, 2010). Los BMM de la Sierra de Santa Martha cuentan con áreas poco degradadas y fragmentadas, pero de difícil acceso. El volcán San Martín Pajapan tiene el área núcleo más pequeña y protege un remanente de este tipo de vegetación poco degradado (Fig. 2).

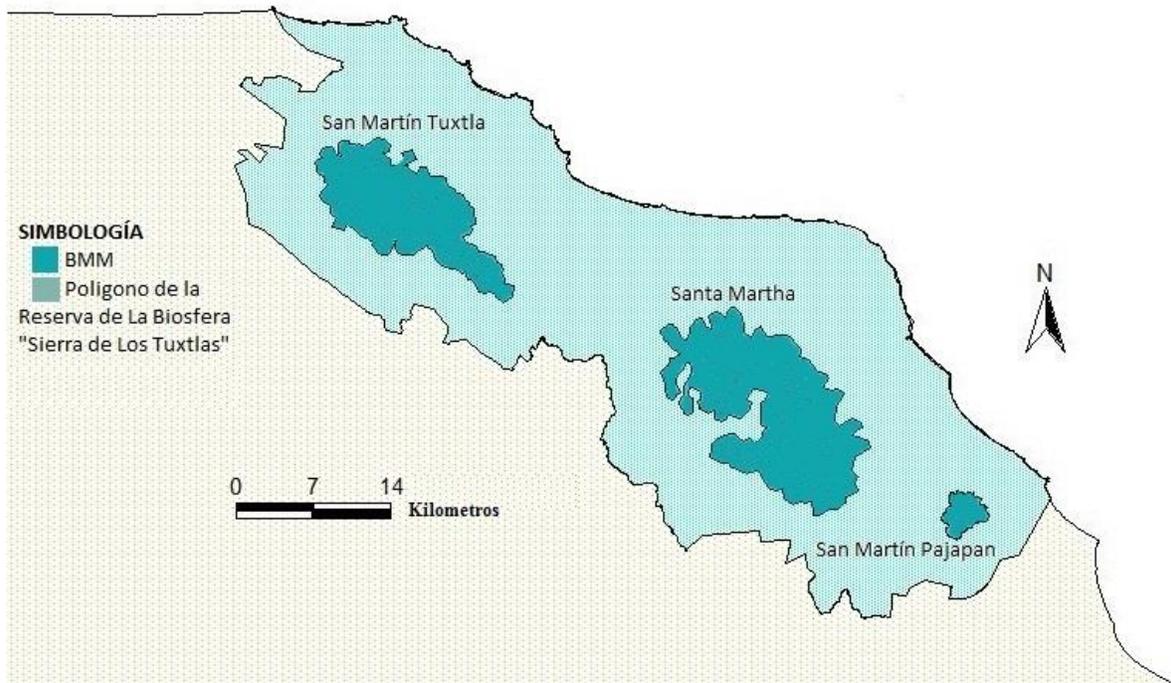


Figura 2. Áreas núcleo dentro de la Reserva de La Biosfera en la Sierra de Los Tuxtlas, Veracruz.

Registros biológicos

Para identificar las especies de aves que se encuentran en los BMM de Los Tuxtlas, Veracruz, se realizó una revisión exhaustiva de la literatura. El primer trabajo de investigación de aves en la sierra se remonta a finales de los 1950'S (Edwards, 1959); sin embargo, durante años, la mayoría de los trabajos se concentraron en la avifauna del bosque tropical perennifolio (Edwards, 1959; Estrada



et al., 1997; Estrada et al., 2000; Graham, 2001; Graham et al., 2002; Vega et al., 2003; Estrada y Coates-Estrada, 2005; Labra et al., 2010). Los trabajos que incluyen avifauna del BMM no contienen listas anotadas completas para este tipo de vegetación (Andrle, 1967; Winker et al., 1992). Sólo el inventario de la avifauna de la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas incluye una lista anotada para el BMM (González-Soriano et al., 1997), pero no especifica las localidades, fechas y métodos de registro, y los autores mencionan que se requieren estudios específicos para este tipo de vegetación por que los datos son muy limitados. Para obtener la lista final para este trabajo, se consideraron todos los registros de presencia de aves de la región a partir de los trabajos faunísticos publicados realizados a lo largo del área de estudio (Edwards y Thashian, 1959, Andrle, 1967, Toledo, 1975, Winker et al. 1992), bases de datos en línea (ORNISNET, 2014), los registros obtenidos en las salidas de campo para este proyecto y el Atlas de las Aves de México (Navarro et al., 2003).

Debido a que las diversas fuentes de datos pueden estar basadas en distintas autoridades taxonómicas, se revisaron los equivalentes taxonómicos con la finalidad de evitar su omisión o duplicidad; para ello se utilizó como referencia la clasificación propuesta por la AOU (1998) y adendas hasta 2015; AOU, 1998; Chesser, 2015). Cuando los registros de presencia de las especies fueron observacionales (i.e., no existe ejemplar o fotografía de respaldo), se tomaron todos aquellos que incluyeran al menos dos avistamientos de la misma especie por localidad para eliminar registros erróneos por identificación o registros accidentales.

Todos los registros obtenidos a partir de las distintas fuentes fueron empleados en la construcción de una base de datos, en la que se incluyó información taxonómica y geográfica de las especies, el año de registro, el estatus migratorio y el hábitat de registro. Adicionalmente, se consideró su inclusión en las listas internacionales de la Unión Mundial para la Naturaleza (IUCN, 2015) y el Acta para la Conservación de las Aves Migratorias Neotropicales (NMBCA; 2015), así como la lista nacional de la Norma Oficial Mexicana (SEMARNAT, 2010).

Clasificación de la cobertura de BMM

Para mapear los registros de aves sobre el área de estudio, se realizó la búsqueda de una cobertura que incluyera las tres áreas principales de BMM conocido en la Sierra de Los Tuxtlas. Las coberturas de vegetación potencial de Rzedowski (1990), la Serie V del INEGI (2013) y la vegetación potencial modificado por CONABIO (1999) fueron descartadas debido a que la escala a la que se realizaron no incluye el área de BMM del Volcán San Martín Pajapan y los límites del BMM del Volcán Santa Martha y San Martín Tuxtla presentan poco detalle. La escala a la que están realizados no permite observar adecuadamente los bordes del BMM. Debido a la falta de una cobertura adecuada del BMM de Los Tuxtlas, se optó por generar una cobertura que incluyera las tres áreas principales de BMM y límites finos a escala regional.

Para obtener una cobertura adecuada para este trabajo, se construyó una nueva a partir de fotografías de satélite tipo Landsat de nueve bandas del año 2011 con una resolución espacial de 30 x 30 m en las bandas 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8 y 9 y de 120x 120 m en la banda 6. Se utilizó la fotografía más reciente con el área adecuada. Se utilizó el recuadro de la posición satelital 23-47 obtenida del banco de imágenes en línea Landsat (2014) debido a que esta es la posición que incluye una fotografía completa de la Sierra de Las Tuxtlas. Con la ayuda del programa ArcMap (ESRI, 2012), se sumaron las bandas en una sola cobertura compuesta. Posteriormente se eligió la combinación de bandas espectral de proyección (5, 4, 3) que permite observar en color rojo las áreas que corresponden a vegetación. Debido a que el BMM tiene valores de reflectancia que pueden confundirse con el bosque tropical perennifolio y otros tipos de vegetación con alta densidad en el dosel (Escandón et al., 1999), fue necesario consultar la literatura especializada (Guevara et al., 2006) y las descripciones de la vegetación para cada área (CONABIO, 2010). Para delimitar el BMM se utilizó el intervalo de valores de reflectancia de la banda infrarroja que se registraron en la zona central de la zona núcleo del Volcán San Martín Tuxtla por que se tenía la seguridad de que corresponde a este tipo de vegetación, así como las descripciones altitudinales de influencia de los vientos húmedos y las observaciones realizadas en campo (Guevea et al., 2006; CONABIO, 2010).



Composición avifaunística

Para conocer la composición de especies del BMM de La Sierra de Los Tuxtlas, los registros de la base de datos fueron mapeados con la ayuda del programa Arc View (ESRI, 2003) sobre la cobertura de BMM que se elaboró previamente. Los registros incluidos dentro del área de la cobertura se consideraron como registros de presencia de especies de este tipo de vegetación.

Se obtuvo el total de especies de aves, composición taxonómica, porcentaje de especies migratorias y residentes. Para obtener la lista de especies de la avifauna del BMM de La Sierra de Los Tuxtlas se consideró la estacionalidad de las especies registradas por que las especies migratorias modifican la composición de la comunidad por que aportan valores de riqueza y diversidad a las comunidades de aves residentes. En el caso de aquellas especies para las que se ha reportado más de una categoría de estacionalidad a lo largo de su distribución, se consideró únicamente la distribución que presentan en la zona de la Sierra de Los Tuxtlas. Adicionalmente se obtuvo el número de especies endémicas y cuasiendémicas. Para asignar la categoría de endemismos de aves de México se siguió el criterio que define a un taxón endémico como aquel cuya área total de distribución se encuentra dentro de los límites políticos de nuestro país (González-García y Gómez-de Silva, 2003; Navarro-Sigüenza et al., 2014). Aquellas especies de aves cuya distribución se extiende ligeramente fuera de los límites políticos de México se consideraron como especies cuasiendémicas (González-García y Gómez-de Silva, 2003; Navarro-Sigüenza et al., 2014).

Trabajo de campo

Con la finalidad de completar las listas anotadas de especies presentes en el BMM de Los Tuxtlas, se realizaron cuatro salidas de campo con una duración promedio de catorce días por salida. El trabajo de campo se realizó a lo largo de un año, de abril de 2013 a marzo de 2014. Las localidades visitadas fueron elegidas de manera que se encontraran en áreas de BMM de acuerdo con la literatura especializada (Guevara et al., 2006).



En cada salida, el trabajo de campo consistió en cuatro partes. La primera parte consistió en la observación de aves empleando el método de puntos de conteo en transectos de radio fijo, la segunda parte fue la grabación de los cantos de las aves, la tercera parte fue el muestreo por medio de redes de niebla y la cuarta parte fue el registro de las observaciones libres.

Análisis de los datos

Influencia de la distancia en la composición de la avifauna de la Sierra de Los Tuxtlas en comparación con los BMM circundantes

Para explicar los patrones de diversidad que presenta el BMM en la Sierra de Los Tuxtlas es importante reconocer las afinidades bióticas de las especies que integran las comunidades de aves. Para realizar esta comparación se incluyeron en el análisis áreas circundantes de la Sierra Madre Oriental y la Sierra Norte de Chiapas con este tipo de vegetación (Figura 3).

Para delimitar las áreas de BMM en la Sierra Madre Oriental y la Sierra Norte de Chiapas se utilizó la clasificación regional de BMM propuesta por CONABIO (CONABIO, 2010). Entre los criterios de clasificación del BMM se encuentran los límites de las subprovincias fisiográficas, la distribución de los grupos étnicos, la fisiología, la división política, el estado de conservación del bosque, los límites de cuencas y subcuencas, los límites de las cañadas y ríos, la riqueza de especies, las especies endémicas, la continuidad en la cobertura, la conectividad y las especies en riesgo. Esta clasificación es adecuada para compararla con las áreas de BMM de Los Tuxtlas porque cada unidad de BMM es reconocida como una unidad biótica y geográfica independiente (Ornelas et al., 2003; Sánchez-González et al., 2008). Para agrupar las especies en las unidades geográficas operacionales (UGO; Cuadro 1) de BMM de la Sierra Madre Oriental y la Sierra Norte de Chiapas de acuerdo a la clasificación de CONABIO se utilizaron bases de datos estudiadas previamente (Sánchez-González et al., 2008; Sánchez-González y Navarro-Sigüenza, 2009), el Atlas de las Aves de México (Navarro et al., 2003) y los datos obtenidos en campo para este trabajo. Las áreas de



Huautla y Zongolica no cuentan con datos suficientes, por lo que se excluyeron del análisis (Cuadro

1). Las UGO de los Tuxtlas corresponden al Volcán San Martín Tuxtla, San Martín Pajapan y Santa Martha (Figura 3).

Cuadro 1. Clasificación de las UGO. En la primera columna se observa la región de BMM de acuerdo con CONABIO (2010). La columna 2 muestra las unidades que conforman cada región y la columna 3 la subunidad que conforma cada unidad. Por último en la cuarta columna se muestra la abreviatura que se utiliza a lo largo del trabajo.

Región	Unidad	Subunidad (UGO)	Abreviatura
Región V	Centro de Veracruz	Chiconquiaco	VerChicon
		Antigua	Ver Antigua
		Orizaba	VerOrizaba
		Huatusco	VerHuatusco
Región IX	Norte de Oaxaca	Ixtlan	OaxIxtlan
		Mixe	OaxMixe
		Guevea	OaxGuevea
Región XII	Montañas del Norte y Altos de Chiapas	Archipiélago Selva Negra, Altos y Montañas de los Choles	ChiapNort
Región XI	Montañas del Sur de Chiapas	Sur de Chimalapas, Parte Aguas y el Tacaná	ChiapSur
Región VII	Sierra de Los Tuxtlas	San Martín Tuxtla	TuxSmt
		Santa Martha	TuxSm
		San Martín Pajapan	TuxSmp



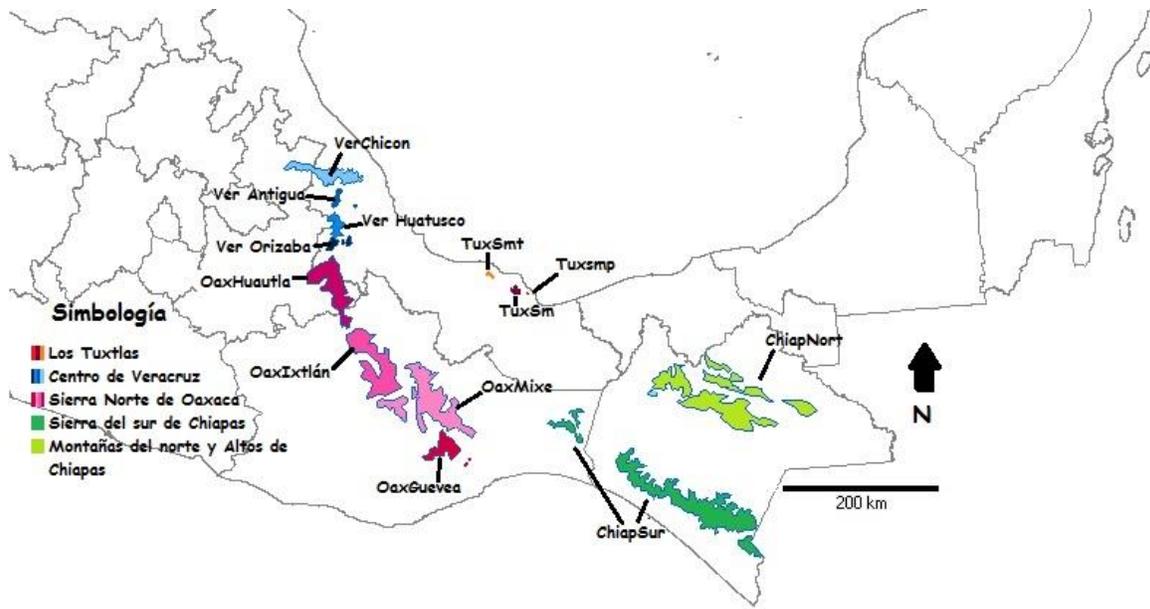


Figura 3. Se muestra la clasificación regional de BMM de CONABIO Modificado de CONABIO (2010). Pueden observarse solo las regiones circundantes a la Sierra de Los Tuxtlas. (ChiapSur= Chiapas sur; ChiapNort= Chiapas norte; OaxHuautla= Huautla; OaxGuevea= Guevea de Humboldt; OaxIxtlán= Ixtlan; OaxMixe= Sierra mixe; VerChicon= Chiconquiaco; VerOrizaba= Orizaba; VerHuatusco= Huatusco; VerAntigua= La Antigua; TuxSmt= San Martín Tuxtla; TuxSm= Santa Martha y TuxSmp= San Martín Pajapan)

Para conocer si las UGO más cercanas geográficamente a la Sierra de Los Tuxtlas son las más afines con respecto a su composición de especies de aves del BMM, se calculó un índice de recambio de especies (McCune y Grace, 2002; Koleff, 2005). Para ello, se eligieron únicamente los registros de aves residentes permanentes debido a que no se contó con registros completos de especies migratorias para todas las áreas. Con estos datos se realizó una matriz de presencia-ausencia de especies por cada UGO.

Utilizando el paquete VEGAN 2.0 (Oksanen et al., 2013) del programa R (R core tem, 2014) se realizó una matriz de recambio entre las UGOS utilizando el índice de β sim cuyos valores van de 0 a 1 (Lennon et al., 2001; Koleff, 2005). Se eligió el índice de β sim por que tiene el mejor desempeño al compararlo con otros índices de recambio β , se ve poco afectado por las diferencias de la escala geográfica y por diferencias en los tamaños de muestra (Koleff, 2005). También en el



programa R (R core team, 2014) y utilizando los paquetes VEGAN 2.0 (Oksanen et al., 2013), CLUSTER, 2.0 (Maechler et al., 2014) Y APE 2.0 (Paradis et al., 2004), se construyó un dendrograma utilizando un agrupamiento jerárquico por el método de ligamiento promedio. Se realizó un remuestreo (bootstrap) con la finalidad de asignar valores de probabilidad de agrupación a cada una de las ramas del dendrograma. El remuestreo se realizó con 1000 iteraciones y 80% de remuestreo.

Para determinar el nivel de similitud que define los grupos del dendrograma, se consideraron los criterios propuestos por González-Salazar et. al. (2014). Estos criterios son: (1) la media del recambio entre los pares de áreas y (2) el incremento del recambio entre los grupos sucesivos del dendrograma.

Influencia de la distancia y la superficie en el recambio y de especies

Para evaluar la influencia de la distancia y la superficie sobre el número de especies en los fragmentos de BMM (UGOS), se construyó una matriz que incluyó los valores de recambio β_{sim} de las subunidades de la Sierra de Los Tuxtlas respecto al resto de las UGOS, la distancia que existe entre UGOS de Los Tuxtlas y el resto de las UGOS desde los bordes de las áreas y la diferencia de la superficie entre los BMM de Los Tuxtlas y el resto de los BMM. Para calcular las distancias se eligió la distancia a la UGO más próxima. La distancia se obtuvo al promediar la distancia trazada entre las UGOS una línea recta con ayuda del mapa digital V 5 de INEGI (2014). Debido a que son más precisas, las superficies de BMM de la Sierra Madre Oriental y la Sierra Norte de Chiapas se obtuvieron a partir de las estimaciones en hectáreas (ha) de CONABIO (CONABIO, 2010) con excepción de tres que no tienen un valor aproximado, la cual se obtuvo promediando el cálculo de la superficie de un polígono trazado sobre el área con la ayuda del mapa digital V5 de INEGI (2014).

Se realizó la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la distribución normal de las variables distancia geográfica, diferencia de superficie geográfica e índice de recambio β_{sim} . Esta prueba se considera una de las más poderosas para comprobar distribución normal de los datos, en particular para muestras pequeñas (Shapiro y Wilk, 1965). Debido a que las variables no cumplen con el supuesto de normalidad que requieren los análisis posteriores se utilizó una transformación con logaritmo base 10, que permite normalizar datos con alto grado de dispersión (McCune y Grace, 2002). Posterior a la transformación con logaritmo, la variable diferencia de superficie fue normalizada utilizando la transformación de raíz cuadrada y la variable β_{sim} fue normalizada utilizando la transformación box cox (McCune y Grace, 2002).

Con la finalidad de determinar si existe una relación de dependencia entre el recambio y la distancia entre las unidades y entre el recambio y la diferencia de superficie se realizó una regresión múltiple entre el índice de recambio β_{sim} (variable dependiente), la distancia entre las unidades y la diferencia de superficie (variables explicativas) utilizando el programa R (R core team, 2014). Se utilizó una regresión múltiple porque permite predecir un valor desconocido de una variable dependiente, partiendo de un valor conocido de una de las variables explicativas.

Adicionalmente, con la finalidad de determinar el umbral de relación de la distancia con el índice de β_{sim} se realizó un árbol de regresión con la ayuda del programa R (R core team, 2014). Los árboles de regresión permiten analizar las relaciones lineales o no lineales de un grupo de variables continuas y categóricas para identificar los umbrales de relación de las variables predictivas con la variable dependiente de forma dicotómica y jerárquica (Urban, 2002; Malagamba-Rubio et al., 2013). A partir de la gráfica de varianza, se estimó el punto de corte de los nodos del árbol (Urban, 2002). Posteriormente, se calculó la media y el error estándar de las dos ramas del primer nodo para estimar los intervalos de confianza y realizar graficas de caja y bigote con la finalidad de corroborar si hay diferencias estadísticas entre ambas ramas.

Se realizó un mapa a partir del umbral de distancia determinado por el árbol de regresión con la ayuda del programa Mapa digital V.6 (2014). El umbral indica cual es la distancia que se requiere, de acuerdo con los datos, para duplicar los valores de recambio entre las UGOS. El umbral determinó una distancia de 135.4 km entre las unidades de BMM. Esta distancia se midió desde el borde de cada unidad de BMM para obtener una superficie buffer que permitiera identificar las áreas buffer de las diferentes UGOS que están en contacto y en cuales esto no sucede. El mapa permitió identificar las áreas de BMM que se mantienen aisladas y que por lo tanto, se esperaba tuvieran un recambio mayor en comparación con las UGOS circundantes.



Resultados

Clasificación de la cobertura de BMM

La falta de una cobertura de vegetación que incluyera al BMM lo suficientemente fina como para incluir las tres principales áreas de la Sierra de Los Tuxtlas es una limitante importante de investigaciones futuras y planes de manejo en la zona. La cobertura obtenida en este trabajo permitió recortar los registros de las aves del BMM e identificar las áreas donde se requerían datos de muestreo y las zonas de mayor acceso para el estudio de las aves de la Sierra. La cobertura final se muestra en la figura 4.

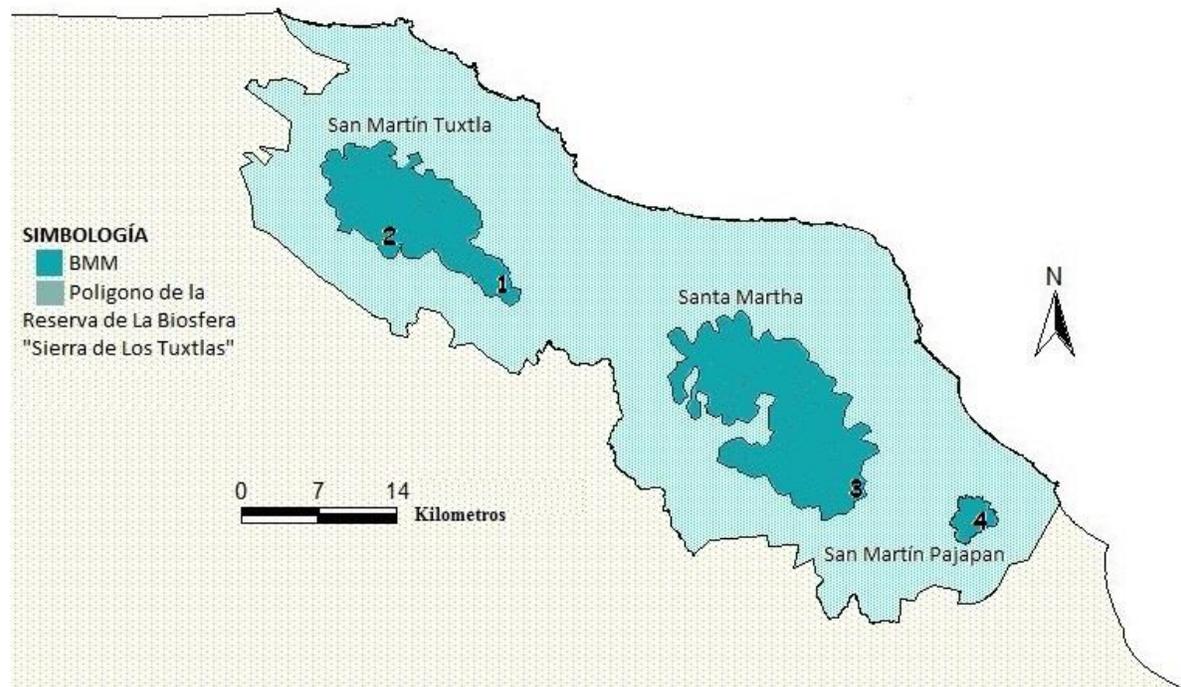


Figura 4. Cobertura final de BMM para el área de estudio y, las localidades visitadas (1= La Perla de San Martín; 2= Adolfo Ruiz Cortines; 3=San Fernando; 4= Pajapan).

Composición avifaunística

Como resultado de la yuxtaposición de la cobertura del BMM con los registros en la base de datos, se obtuvieron 965 registros de 146 especies de aves. De este total, 784 registros de 90 especies corresponden al Volcán San Martín Tuxtla, 133 de 27 especies corresponden al Volcán Santa Martha y 49 registros de 42 especies al Volcán San Martín Pajapan (Anexo).

El orden con mayor número de especies de aves registradas fue Passeriformes con 81 especies, que representa 55.78% del total. Le sigue el orden de los Accipitriformes con 14 especies (9.52%) y el orden Apodiformes con 10 especies (6.80%). Es interesante señalar que en el caso de los Accipitriformes, que fue el segundo orden con mayor número de especies, el número de especies registradas podría estar influenciado por la migración anual de rapaces que ocurre entre los meses de abril y octubre. Dentro del orden Passeriformes, las familias que tuvieron mayor número de especies fueron Parulidae con 17 especies y Tyrannidae con 14 especies.

De acuerdo con las categorías estacionales utilizadas en este trabajo, un total de 112 especies de aves son residentes permanentes (76.87%) y 30 son especies migratorias (20.40%). Solo se registraron dos especies migratorias de verano que corresponden al papamoscas atigrado (*Myiodynastes luteiventris*) y el mielero pata roja (*Cyanerpes cyaneus*) y dos especies transitorias que corresponden al aguililla ala ancha (*Buteo platypterus*) y al chipe de collar (*Cardellina canadensis*).

Se registró sólo una especie endémica, que corresponde a la paloma tuxtleña (*Zentrygon carrikeri*) y tres especies consideradas cuasiendémicas (Navarro-Sigüenza et al., 2014): el colibrí yucateco (*Amazilia yucatanensis*), el chipe gorra rufa (*Basileuterus rufifrons*) y el rascador oliváceo (*Arremonops rufivirgatus*). También se registraron 46 especies protegidas (31.29%) por el NMBCA (2015). Se registraron 2 especies (1.36%) consideradas por UICN (2015) y 25 especies consideradas por la Norma Oficial Mexicana SEMARNAT 2010 (Anexo). Que es una especie cuasiendemica!!!



Análisis de los datos

Influencia de la distancia en la composición de la avifauna de la Sierra de Los Tuxtlas

La matriz de presencia-ausencia de especies de BMM que contiene las especies de la Sierra de los Tuxtlas y del resto de las subunidades geográficas incluyó 248 especies.

La figura 5 muestra en rojo (valor superior) los valores de recambio obtenidos a partir del índice de β sim; y en negro (valor inferior), los valores de soporte de ramas obtenidos a partir de la prueba de Bootstrap. La media del recambio entre los pares de áreas fue de 0.20 y el mayor incremento del recambio tuvo un valor de 0.19. Utilizando estos valores, el dendrograma obtenido a partir de la matriz de recambio mostró seis grupos principales: el primer grupo se compone de las tres áreas de la Sierra de Los Tuxtlas soportadas por un valor de soporte de 0.999. Destaca la asociación entre las áreas de Santa Martha (TuxSm) y San Martín Tuxtla (TuxSmt) soportadas por un valor de 0.804, mientras que San Martín Pajapan (TuxSmp) tiene mayor recambio dentro de este grupo. El segundo grupo tiene un valor de soporte de 0.971 y se compone de las dos unidades de Chiapas, Norte y Sur (ChiapNort y ChiapSur), una unidad de Oaxaca que corresponden a Guevea (OaxGuevea) y, una unidad de Veracruz: Orizaba (VerOrizaba). El tercer grupo se compone de dos unidades de Veracruz que corresponden a La Antigua (VerAntigua) y a Huatusco (VerHuatusco) con una probabilidad de 0.92. Los grupos restantes se componen de unidades individuales como la Sierra Mixe (OaxMixe) e Ixtlán (OaxIxtlán). Chiconquiaco (VerChicon), en Veracruz, es la unidad que aparece más alejada en cuanto al recambio de especies de aves del dendrograma. También es el área de BMM que se encuentra más alejada, hacia el extremo norte y su composición y número de especies de aves puede estar fuertemente influenciada por las aves que se distribuyen en la Faja Volcánica Trasmexicana (Fig. 5).



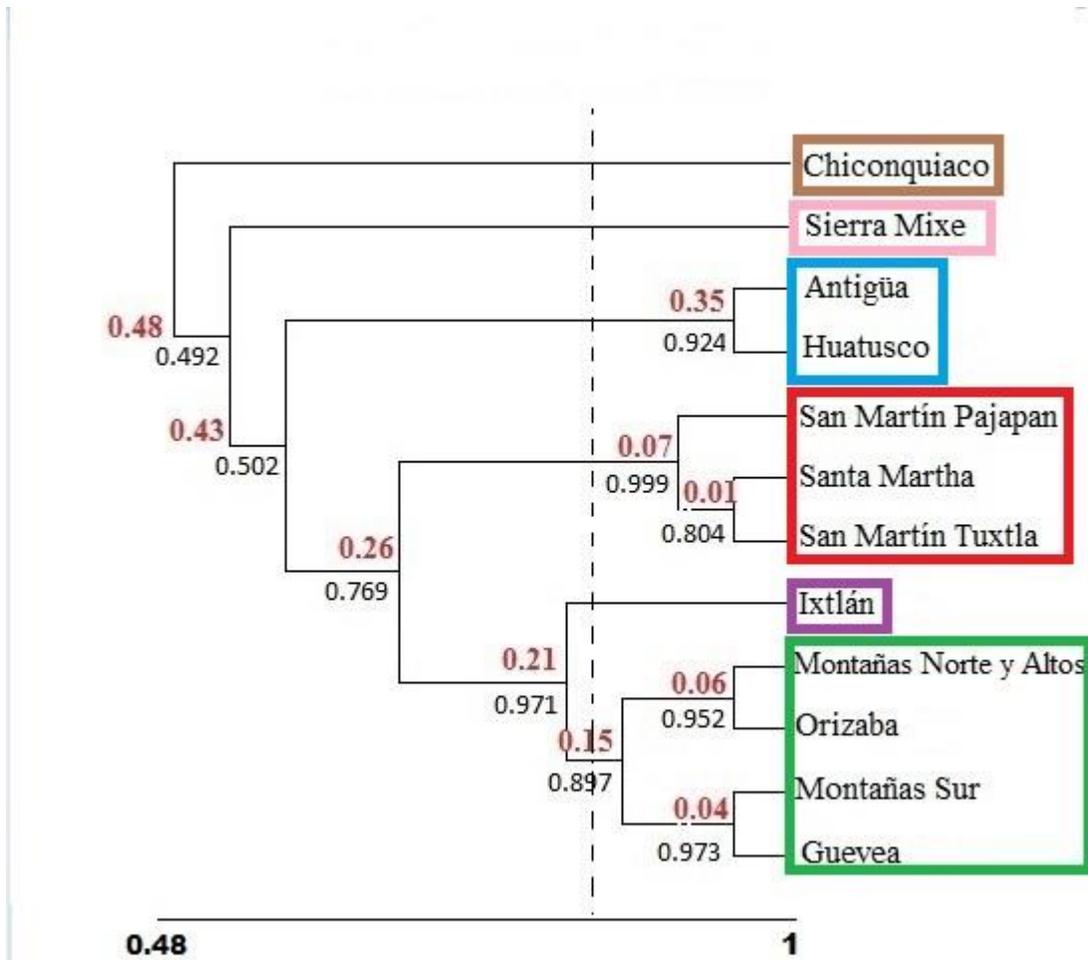


Figura 5. Recambio de especies entre las áreas de Los Tuxtlas y las áreas geográficas circundantes obtenido a partir del índice β_{sim} . En color rojo, los valores de β_{sim} , y en color negro los valores de soporte de ramas. Los cuadros de colores señalan las agrupaciones.

Influencia de la distancia y la superficie en el recambio de especies

La regresión múltiple entre el índice de recambio β_{sim} , la distancia entre las unidades y la diferencia de la superficie que existe entre ellas permitió evaluar la influencia de la distancia y la superficie en el recambio de especies del BMM. Como resultado de la regresión se obtuvo un valor significativo ($F_{3, 26}=16.35, p>0.001$), que indica que el modelo se ajusta adecuadamente a los datos de las variables y que es capaz de predecir valores no conocidos. La distancia resultó significativa ($F_{1, 26}=33.66, p >0.001$), mientras que la superficie no lo fue ($F_{1,26}= 0.10, P = 0.746$). La interacción de las dos variables (distancia y diferencia de superficie) resultó significativa ($F_{1, 26}=112.38,$



$p > 0.001$). Estos resultados sugieren que la distancia predice y explica los valores de recambio observados mientras que la superficie no tiene un efecto significativo sobre los valores de recambio. La superficie solo tiene un efecto sobre los valores de recambio cuando se combina con el efecto de la distancia.

El árbol de regresión muestra que la distancia es la variable más importante en la explicación de los valores de β_{sim} de las UGOS de BMM analizadas. La distancia mostró una relación positiva con un valor de umbral = 135.396 km, que corresponde con un incremento en el valor de β_{sim} conforme se incrementa la distancia. Por último, la representación del buffer alrededor de cada UGO (Fig. 6) permitió delimitar las áreas de contacto del BMM utilizando solo datos de avifauna para las UGOS analizadas.

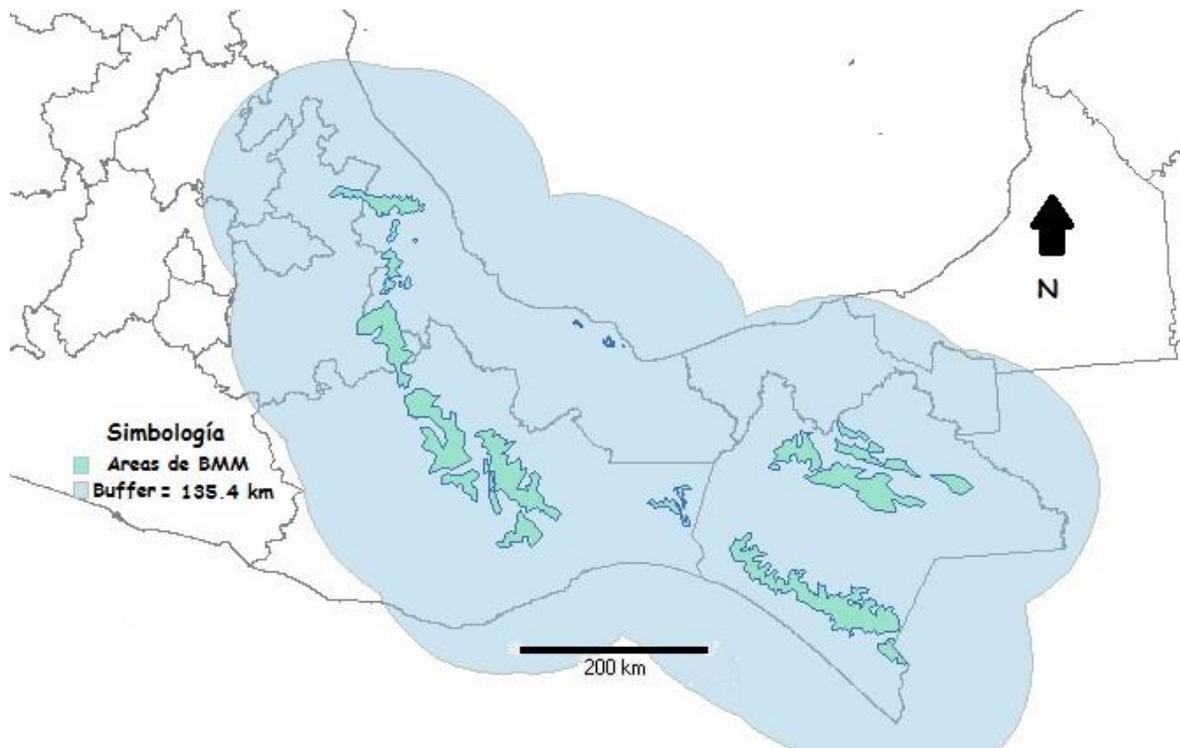


Figura 6. Buffer = 135.4 km alrededor de las UGOS analizadas.



Discusión

Efecto de la distancia en la composición de la avifauna de la Sierra de Los Tuxtlas en comparación con los BMM circundantes

Los resultados del dendograma de áreas realizado con el recambio permitieron diferenciar un grupo claramente definido para la Sierra de los Tuxtlas. Debido a que la Sierra de Los Tuxtlas se encuentra aislada de otros sistemas montañosos (Ornelas et al., 2013), los resultados indican que la composición de especies de aves de la sierra se ve afectada por la distancia. Cuando este grupo se analiza con más detalle, la sierra solo cuenta con una especie endémica correspondiente a la paloma tuxtleña (*Zentrygon carrikeri*), lo que sugiere que este grupo se separa de las demás UGOS no por su número de endemismos, si no por su composición particular de especies. El recambio entonces no está directamente asociado con la riqueza de especies, sino con el tamaño de las áreas de distribución (Ochoa-Ochoa et al., 2014). A pesar de que todas las especies residentes de BMM de la Sierra de Los Tuxtlas pueden ser registradas en las UGOS circundantes, es la combinación de estas la que otorga características diferentes a la Sierra para englobarla como una unidad geográfica independiente, lo cual es consistente con lo encontrado para las comunidades de aves del BMM por Sánchez-González et al, (2008), ya que en su análisis la Sierra de Los Tuxtlas aparece como un área de endemismo separada del resto de las áreas analizadas de los BMM de Mesoamérica. Los trabajos de Peterson et al., (2000), Ornelas et al., (2013) y Navarro-Sigüenza et al., (2014), también identifican a la Sierra de Los Tuxtlas como una unidad geográfica independiente.

Dentro del grupo de Los Tuxtlas, el recambio fue menor entre la Sierra de Santa Martha y San Martín Pajapan. Esto se debe a que son áreas colindantes y no se encuentran separadas por barreras geográficas. La Sierra de Santa Martha y San Martín Pajapan se encuentran separadas del Volcán San Martín Tuxtla por el lago Catemaco y la zona de manglar que rodea a lago de Sontecomapan (CONABIO, 2010). Sin embargo, el aislamiento no es lo único que explica porque el recambio es mayor entre estas UGOS. La heterogeneidad ambiental entre estas áreas, la composición de

especies del BMM y las diferencias entre los tipos de vegetación colindantes pueden explicar los valores de recambio observados.

El resto de las unidades geográficas correspondientes a las montañas sur y norte de Chiapas, los BMM del centro de Veracruz y los BMM del norte de Oaxaca se encuentran formando un anillo continuo de áreas alrededor de la Sierra de Los Tuxtlas; sin embargo, en el dendograma aparecen mezcladas. Esta falta de estructura geográfica en el dendograma probablemente se debe a que existan diferencias en la composición de especies de las UGOS que se deben a factores históricos, geográficos y de aislamiento. De acuerdo con el trabajo de Sánchez-González et al, (2008), las biotas de BMM de la Sierra Madre del Sur y la Sierra Madre Oriental tienen un alto número de especies compartidas como resultado de antiguas conexiones entre ellas y una historia común. Por estas razones, la Sierra Madre del Sur y la Sierra Madre Oriental forman parte de un área de endemismo de BMM mayor que llega al centro-norte de Nicaragua (Sánchez-González et al., 2008). Adicionalmente debe considerarse que en el presente trabajo se disminuyó el efecto de las diferencias de muestreo entre las áreas al considerar solo las especies residentes del BMM y el índice de β_{sim} , porque se ve poco afectado por las diferencias de muestreo y la escala geográfica (Koleff, 2005) por lo que las diferencias en el esfuerzo de muestreo realizado en cada UGO no afectaron los resultados del estudio.

Efecto la distancia y la superficie en el recambio de especies

Los resultados de la regresión múltiple permitieron evaluar si la superficie y el aislamiento tienen una influencia significativa en el recambio de especies de aves del BMM. Este resultado sugiere que, en conjunto, a mayor distancia y mayor diferencia de superficie, las áreas de BMM son más disímiles. Por su parte, los resultados por separado sugieren que el aislamiento afecta significativamente a los valores de recambio en la composición de especies entre las UGOS, mientras que la superficie no los afecta. Adicionalmente, el árbol de regresión identificó a la distancia como el factor más importante que afecta el recambio de especies cuando se considera la

superficie y el aislamiento. Este resultado es consistente con lo encontrado por otros trabajos en islas de hábitat (Kratler, 1992; Lomolino y Davis, 1997). Por ejemplo, de acuerdo con el trabajo de Brown y Kodric-Brown (1977), el recambio de especies se correlaciona directamente con el aislamiento.

Los BMM de la Sierra de Los Tuxtlas se originaron recientemente y quedaron aislados en las elevaciones más altas durante los últimos 40 000 años (Prece, 1982; Ornelas et al., 2013). De acuerdo con Melo et al., (2009), el recambio entre regiones implica procesos históricos, ecológicos y de aislamiento que están creando divergencia entre las especies que se distribuyen en distintas regiones geográficas. Adicionalmente, este aislamiento ha producido una diferenciación genética evidente que puede coincidir con la diferencia morfológica (Ornelas et al., 2013). En la sierra de Los Tuxtlas pueden identificarse un mayor número de endemismos de poblaciones que de acuerdo con la taxonomía actual no se han diferenciado lo suficiente para considerarse especies diferentes (Sánchez-González et al., 2008).

A pesar de que la relación entre el recambio y la distancia resultó significativa, la influencia de la distancia sobre el recambio de especies de BMM entre las áreas de Los Tuxtlas y el resto de las áreas circundantes tiene un valor muy pequeño. Es necesario considerar que el aislamiento y la superficie no son los únicos factores que pueden afectar el recambio entre las áreas de BMM y que existen otros factores que pueden enmascarar su influencia sobre el recambio (Johnson et al., 2003) como: el efecto del a matriz de hábitat circundante (Andrén, 1994; Sánchez-González y Navarro-Sigüenza, 2009), el tiempo de aislamiento de la comunidad (Sánchez-González et al., 2008; Ornelas et al., 2013), la escala geográfica a la que se realice el estudio (Lomolino y Davis, 1997, Johnson et al., 2003; Field et al., 2009; Ochoa-Ochoa et al., 2014), la relación de las tasas de colonización y extinción (Brown, 1971; Diamond, 1973; Lomolino y Davis, 1997; Johnson et al., 2003; Field et al., 2009), las barreras geográficas que separan las islas del BMM entre sí (Kratler, 1992), las barreras ecológicas que afectan las tasas de colonización y extinción (Kratler, 1992), la heterogeneidad del



hábitat que existe entre las áreas de BMM (Johnson et al., 2003; Chao et al., 2005; Rahbek, 2005; Melo et al., 2009; Ochoa-Ochoa et al., 2014) y el efecto rescate y el esfuerzo de muestreo (Johnson et al., 2003). Si los supuestos de la teoría de biogeografía de Islas no se cumplen en islas de vegetación continentales como los BMM, puede haber múltiples explicaciones:

A) Las barreras geográficas y ecológicas que rodean las UGOS de BMM pueden ser más eficaces que la distancia que exista entre ellas (Kratte, 1992). Estas variables son muy importantes porque influyen directamente en la tasa de colonización de las especies de aves. Cabe considerar que las diferencias de altitud en el paso entre las áreas acentúan las barreras climáticas y de hábitat que separa las zonas de montaña (Janzen, 1967, Kratte, 1992; Ghalambor et al., 2014).

B) La heterogeneidad ambiental afecta los valores de recambio (Rahbek, 2005; Melo et al., 2009; Ochoa-Ochoa et al., 2014). El aumento del recambio con el aumento de la distancia entre sitios puede reflejar patrones espaciales de dispersión impulsados por el aumento de la heterogeneidad ambiental del BMM a mayores escalas (Chao et al., 2005). El recambio de especies se correlaciona con la heterogeneidad ambiental y es mayor a escalas gruesas (Ochoa-Ochoa et al., 2014). Adicionalmente, la heterogeneidad topográfica y microambiental del BMM favorece los altos niveles de recambio de especies entre sitios (Williams-Linera, 2012). También debe considerarse que la heterogeneidad ambiental se incrementa con la incorporación de hábitats nuevos al aumentar la superficie del área o la escala geográfica (Johnson et al., 2003). Es importante destacar que la heterogeneidad topográfica incrementa la superficie de hábitat disponible del BMM y puede enmascarar los efectos del área sobre las especies de aves.

C) La escala geográfica a la que se realice el análisis puede afectar la interpretación los resultados observados cuando se aplica a patrones biogeográficos de montaña (Lomolino y Davis, 1997; Field et al., 2009). Una de las razones es que la pendiente de la relación de especies con la superficie varía fuertemente con la escala espacial (Johnson et al., 2003). Lomolino y Davis (1997)

encontraron que los efectos de la superficie y el aislamiento en comunidades de mamíferos en la Gran Cuenca se modifican con la escala geográfica del análisis.

D) El efecto de la matriz de hábitat circundante (Andrén, 1994). A diferencia de las islas oceánicas en las que la matriz oceánica es hostil para la mayoría de las especies terrestres, las islas de hábitat continental son parte de un mosaico del paisaje donde la matriz circundante puede ser habitable para algunas de las especies (Andren, 1994). Por ejemplo, Cook et al., (2002) señalo que la matriz tiene un efecto importante sobre las comunidades aisladas continentales debido a que aporta especies que pueden entrar en las áreas del hábitat evaluado debido a los recursos potencialmente disponibles en estas áreas.

Tomando esta última consideración y retomando las observaciones realizadas durante el trabajo de campo, el ecotono de BMM con Bosque Tropical Perennifolio constituye una matriz de hábitat importante que circunda las áreas de BMM de la Sierra de Los Tuxtlas, por lo que su influencia puede enmascarar el efecto de la superficie sobre el recambio de especies de los BMM. Existe la posibilidad de que los ecotonos tengan importantes efectos en las islas de hábitat continentales (Risser, 1995; Bar-Massada y Wood, 2014) por que la avifauna de los BMM no se encuentran completamente aislados de los hábitats circundantes y las especies que en ellos se encuentran pueden moverse entre el BMM y los hábitats continuos (Gómez de Silva et al., 1999; Sánchez-González y Navarro-Sigüenza, 2009). Puede considerarse que la matriz de ecotono de BMM con Bosque Tropical Perennifolio tiene un efecto importante sobre las áreas de BMM de la Sierra de los Tuxtlas debido a que en múltiples ocasiones se ha documentado que existe una fuerte influencia de los tipos de vegetación circundantes al BMM (Terborgh, 1985; Escalante et al. 1993; Hernández-Baños et al., 1995; Gómez de Silva et al., 1999; Brown y Kappelle, 2001; Valdéz et al., 2003; Sánchez-González et al., 2008, Sánchez-González y Navarro-Sigüenza, 2009).

El árbol de regresión múltiple identificó un umbral de 135.4 km entre las UGOS analizadas para duplicar los valores de recambio. Analizando el mapa donde se representa el efecto de este umbral (Fig. 6), puede observarse que los umbrales se traslapan en todas las áreas. A partir de los resultados obtenidos y que los umbrales de las UGOS de BMM se traslapan, se concluye que la distancia es el factor más importante que explica las diferencias que existen entre la composición, estructura y recambio de especies de los BMM analizados; es decir, la fuerte influencia de las barreras geográficas que separan estas áreas. Los trabajos previos donde se analizan los patrones de recambio a nivel continental (Melo et al., 2009), indican que este es mayor en las zonas montañosas y aisladas por barreras geográficas. Los resultados obtenidos son consistentes con esto, debido a que la Sierra de Los Tuxtlas se encuentra aislada de otros sistemas montañosos por una amplia llanura.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este trabajo indican que relación del recambio y la distancia es significativa para determinar los patrones observados de estructura y composición en la avifauna de los BMM de la Sierra de Los Tuxtlas. Adicionalmente, debe considerarse la influencia de las barreras geográficas sobre los patrones de la avifauna del BMM y explorar a futuro los efectos de la matriz de hábitat circundante y la escala geográfica a la que se realice el análisis.

Literatura citada

- Andrén H.** 1994. Effects of Habitat fragmentation on Birds and Mammals in Landscapes with different proportions of suitable hábitat: a review. *Oikos*, 71: 355-366 pp.
- Andrle R. F.** 1967. Birds of the Sierra de Tuxtla in Veracruz, México. *The Wilson Bulletin*, 79: 163-187 pp.
- (AOU) American Ornithologists Union.** 1998. Check-List of North America Birds. 7a ed. American Ornithologists Union, Washington D. C.
- (AOU) American Ornithologists Union.** 2015. Check-List of North America Birds. 7a ed. Incorporando cambios hechos hasta el suplemento 56°.
- Bar-Massasa A. y E. M. Wood.** 2014. The richness-heterogeneity relationship differs between heterogeneity measures within and among habitats. *Ecography*, 37: 528-535 pp.
- Betts M. G., L. Fahrig, A. S. Hadley, K. E. Halstead, J. Bowman, W. D. Robinson, J. A. Wiens y D. B. Lindenmayer.** 2014. A species-centered approach for uncovering generalities in organism responses to habitat loss and fragmentation. *Ecography*, 37: 517-527 pp.
- Brown AD, Kappelle M.** 2001. Introducción a los bosques nublados del Neotrópico: una síntesis regional. In: Kappelle M, Brown AD, eds. *Bosques nublados del Neotrópico*. Santo Domingo de Heredia: INBio, 25–40 pp.
- Brown J. H.** 1971. Mammals on mountaintops: Nonequilibrium insular biogeography. *The American Naturalist*, 105: 467-478 pp.
- Brown J. H. y A. Kodric-Brown.** 1977. Turnover rates in Insular Biogeography: Effect of Immigration on Extinction. *Ecology*, 58: 445-449 pp.
- Castillo Campos G. y J. Laborde D.** 2006. *La Vegetación en: Los Tuxtlas. El paisaje de la sierra*. Instituto de Ecología, A. C. y Unión Europea. Xalapa, ver., México. 288 pp.
- Challenger A.** 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: Pasado, presente y futuro. México DF: CONABIO-Instituto de Biología, UNAM-Sierra Madre.
- Chao A., R. L. Chazdon, R. K. Colwell y T. Shen.** 2005. A new statistical approach for assessing similarity of species composition with incidence and abundance data. *Ecology letters* 8: 148-159 pp.
- Chesser, R. T., R. C. Banks, K. J. Burns, C. Cicero, J. L. Dunn, A. W. Kratter, I. J. Lovette, A. G. Navarro-Sigüenza, P. C. Rasmussen, J. V. Remsen, Jr. J. D. Rising, D. F. Stotz y K. Winker.** 2015. Fifty-sixth supplement to the American Ornithologists Union Check-list of North American Birds. *The Auk* 132 (3): 748-764 pp.
- Cook W. M., K. T. Lane, B. Foster y R. D. Holt.** 2002. Island theory, matrix effects and species richness patterns in habitat fragments. *Ecology Letters*, 5: 619-623 pp.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO),** (1999). 'Uso de suelo y vegetación modificado por CONABIO'. Escala 1: 1000000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP),** 2006. Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas. México, D. F.



- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).** 2010. El bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible. 197 pp. México, D. F., México.
- Diamond J. M.** 1973. Distributional Ecology of New Guinea Birds. *Science*, 179: 759-769 pp.
- Edwards E. P. y Thashian R. E.** 1959. Avifauna of the Catemaco Basin of Southern Veracruz, Mexico. *The Condor*, 61: 325-337 pp.
- Emerson B. C. y N. Kolm.** 2005. Species diversity can drive speciation. *Nature*, 434: 1015-1017 pp.
- Escalante P, A. G. Navarro y A. T. Peterson.** 1993. A geographic, ecological and historical analysis of land bird diversity in Mexico. In: Ramamoorthy TP, Bye R, Lot A, Fa J, eds. *Biological diversity of Mexico: origins and distributions*. New York, NY: Oxford University Press, 279–304 pp.
- Escandón C. J., B. H. J. de Jong, S. Ochoa G. I. March M. y M. A. Castillo.** 1999. Evaluación de los métodos para la estimación de biomasa arbórea a través de datos LANDSAT TM en Jusnajib La Laguna, Chiapas, México: estudio de caso. *Investigaciones Geográficas, Boletín* 40, 71-84 pp.
- ESRI.** 2003. ArcView versión 3.3 GIS, Inc. Nueva York.
- ESRI.** 2012. ArcMap GIS, Inc. Nueva York
- Estrada A., Cammarano P. y Coates-Estrada R.** 2000. Bird species richness in vegetation fences and in strips of residual rain forest vegetation at Los Tuxtlas, Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 9: 1399-1416 pp.
- Estrada A. y R. Coates-Estrada.** 1997. Anthropogenic landscape changes and avian diversity at Los Tuxtlas, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 6, 19-43 pp.
- Estrada A. y R. Coates-Estrada.** 2005. Diversity of Neotropical migratory landbird species assemblages in forest fragments and man-made vegetation in Los Tuxtlas, Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 14: 1719-1734 pp.
- Field R., B. A. Hawkins, H. V. Cornell, D. J. Currie, J. A. F. Diniz-Filho, J. F. Guégan, D. M. Kaufman, J. T. Kerr, G. G. Mittelbach, T. Oberdorft, E. M. O'Brien y J. R. G. Turner.** 2009. Spatial species-richness gradients across scales: a meta-analysis. *Journal of Biogeography* 36: 132-147 pp.
- Flores V. O. y P. Gérez.** 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso de suelo. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad y Universidad nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Ghalambor C. K., R. B. Huey, P. R. Mrtin, J. J. Tewksbury y G. Wang.** 2006. Are mountain passes higher in the tropics? Janzen's hypothesis revisited. *Integrative and Comparative Biology*, 46: 5-17 pp.
- Gaston K. J., R. G. Davies, C. D. L. orme, V. A. Olson, G. H. Thomas, Tzung-Su Ding, P. C. Rasmussen, J. J. Lennon, P. M. Bennett, I. P. F. Owens y T. M Blackburn.** 2007. Spatial turnover in the global avifauna. *Proceedings of The Royal Society of London B.*, 274: 1567-1574 pp.
- Gómez de Silva H. F. González-García y M. P. Casillas-Trejo.** 1999. Birds of the upper cloud forest of El Triunfo, Chiapas, México. *Ornitología Neotropical*, 10: 1-26 pp.
- González-García F. y H. Gómez-de Silva.** 2003. Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación. En: *Conservación de aves. Experiencias en Mexico*, H. Gomez-de Silva y A. Oliveras-de Ita (eds.)



- González-Salazar C, E. Martínez-Meyer y G. López-Santiago.** 2014. A hierarchical classification of tropic guilds for North American birds and mammals. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 931-941 pp.
- González-Soriano, E., R. Dirzo y R. Vogt (eds.)**. 1997. *Historia natural de Los Tuxtlas*. UNAM-CONABIO, México D.F., 647 pp.
- Graham C. H. y Blake J. G.** 2001. Influence of patch- and landscape-level factors on bird assemblages in a fragmented tropical landscape. *Ecological Applications*, 11: 1709-1721 pp.
- Graham C., J. E. Martínez-Leyva y L. Cruz-Paredes.** 2002. Use of fruiting trees by birds in continuous forest and riparian forest remnants in Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Biotropica*, 34: 589-597 pp.
- Grayson D. K. y S. D. Livingston.** 1993. Missing Mammals on Great Basin Mountains: Holocene extinctions and inadequate knowledge. *Conservation Biology*, 7: 527-532 pp.
- Gual-Díaz y González-Medrano.** 2014. Los Bosques Mesófilos de Montaña en México. En: Gual-Díaz y Rendón-Correa compiladores. *Bosques Mesófilos de Montaña de México*. Pag. 27-69 pp.
- Guevara S. S., J. Laborde D. y G Sánchez-Ríos (eds)** 2006. *Los Tuxtlas. El paisaje de la sierra*. Instituto de Ecología, A. C. y Unión Europea. Xalapa, ver., México, 288 pp.
- Helmus M. R., D. L. Mahler y J. B. Losos.** 2014. Island biogeography of the Anthropocene. *Nature*. Vol. 513. 543-546 pp.
- Hernández-Baños B. E. A. T. Peterson, A. G. Navarro-Sigüenza y B. P. Escalante-Pliego.** 1995. Bird faunas of the humid montane forests of Mesoamerica: biogeographic patterns and priorities for conservation. *Bird Conservation International*. 5: 251-277 pp.
- INEGI**, (04/07/2013). 'Cobertura arbórea, Conjunto de Datos Vectoriales de uso del suelo y vegetación escala 1:250,000, serie V (Conjunto Nacional)', escala: 1:250000. edición: 1. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, Aguascalientes.
- INEGI**. 2012. Mapa Digital version 5.0.1. México, D. F.
- INEGI**. 2013. Mapa Digital version 6.0.1. México, D. F.
- IUCN**. 2015. Lista Roja de Especies Amenazadas (3/03/2015; www.iucnredlist.org).
- Janzen D. H.** 1967. Why mountain passes are higher in the tropics. *The American Naturalist*. 101: 233-249 pp.
- Johnson M. P., N. J. Frost, M. W. J. Mosley, M. F. Roberts y S. J. Hawkins.** 2003. The area-independent effects of habitat complexity on biodiversity vary between regions. *Ecology Letters* 6: 126-132 pp.
- Julvik J. O. y A. P. Austring.** 1979. The Hawaiian Avifauna: Biogeographic Theory in Evolutionary Time. *Journal of Biogeography*, 6: 205-224 pp.
- Koleff P.** 2005. Conceptos y medidas de diversidad beta. Capítulo dos. En: *Sobre Diversidad Biológica: el significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gama*. Ed: Halffter G, J. Soberón, P. Koleff y A. Melic. Monografías del Tercer Milenio
- Kratter A. W.** 1992. Montane Avian Biogeography in Southern California and Baja California. *Journal of Biogeography*, 19: 269-283 pp.
- Labra M. A., P. Escalante, T. C. Monterrubio R. y R. Coates-Estrada.** 2010. Hábitat, abundancia y perspectivas de conservación de psittacidos en la reserva de Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Ornitología Neotropical*, 21: 599-610 pp.



- Lennon J. J., P. Koleff, j. j. D. Greenwood y K. J. Gaston.** 2001. The geographical structure of British bird distributions: diversity, spatial turnover and scale. *Journal of Animal Ecology*, 70: 966-979 pp.
- Lansat.** 2014. www.landsat.org. Abril. 2014.
- Lomolino M. V.** 1989. Interpretations and comparisons of constants in the species-area relationship: An additional caution. *The American Naturalist*, 133: 277-280 pp.
- Lomolino M. V., J. H. Brown y R. Davis.** 1989. Island Biogeography of Montane Forest Mammals in the American Southwest. *Ecology*, 70: 180-194 pp.
- Lomolino M. V.** 1990. The Target Area Hypothesis: The influence of Island Area on immigration Rates of nonVolant Mammals. *Oikos*, 57: 297-300.
- Lomolino M. V. y R. Davis.** 1997. Biogeographic scale and Biodiversity of Mountain Forest Mammals of western North America. *Global Ecology and Biogeography*, 6: 57-76 pp.
- Lomolino M. V.** 2000. A call for a new paradigm of island biogeography. *Global Ecology y Biogeography*, 9: 1-6 pp.
- MacArthur R. H. y E. O. Wilson.** 1963. An Equilibrium Theory of Insular Zoogeography. *Evolution*, 17: 373-387 pp.
- MacCune B. M. y J. B. Grace.** 2002. *Analysis of Ecological communities*. With a contribution from Dean L. Urban. USA
- Maechler M., P. Rousseeuw, A. Struyf, M. Humbert y K. Hornik.** 2014. *Cluster: Cluster Analysis Basics and extensions*. R package version 1.15.2
- Malagamba-Rubio A. I. Mac Gregor-Fors y R. Pineda-Lopez.** 2013. Comunidades de Aves en áreas verdes de la ciudad de Santiago de Querétaro, México. *Ornitología Neotropical*, 24: 371-386 pp.
- Martínez-Meyer E., J. E. Sosa-Escalante y F. Alvarez.** 2013. El estudio de la biodiversidad en México: ¿una ruta con dirección?. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 84: 9 pp.
- Matthews T. J., F. Guilhaumon, K. A. Triantis, M. K. Borregaard y R. J. Whittaker.** 2015. On the form of species-area relationships in hábitat islands and true islands. *Global Ecology and Biogeography*, 1-11 pp.
- Mayer G. C. y R. M. Chiple.** 1992. Turnover in the avifauna of Guana Island, British Virgin Islands. *Journal of Animal Ecology*, 61: 561-566 pp.
- Melo A. S., F. L. Thiago, V. B. Rangel y J. A. F. Diniz-Filho.** 2009. Environmental drivers of beta-diversity patterns in New-World birds and mammals. *Ecography*, 32: 226-236 pp.
- Navarro, A.G., A. T. Peterson & A. Gordillo-Martínez.** 2003. Museums working together: the atlas of the birds of Mexico. Pp. 207-225 In: Collar, N., C. Fisher, and C. Feare (Eds.) *Why museums matter: avian archives in an age of extinction*. *Bulletin British Ornithologists' Club Supplement* 123A.
- Navarro-Sigüenza A. G., M. F. Rebón-Gallardo, A. Gordillo-Martínez, A. T. Peterson, H. Berlanga-García y L. A. Sánchez-González.** 2014. Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. Supl. 85. 476-495 pp.
- Neotropical Migratory Bird Conservation Act. (NMBCA)** 2014. (www.fws.gov/birdhabitat/.../NMBCA/BirdList.shtm). Octubre, 2014.



- Nolby L. E., K. D. Zimmer, M. A. Hanson y B. R. Herwig.** 2015. Is the island biogeography model a predictor of biodiversity patterns in shallow lakes? *Freshwater Biology*. 1- 11 pp.
- Ochoa-choa L. M., Munguía, A. Lira-Noriega, V. Sánchez-Cordero, O. Flores-Villela, A. Navarro-Sigüenza y P. Rodríguez.** 2014. Spatial scale and β -diversity of terrestrial vertebrates in México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 918-930 pp.
- Oksanen J., F. G. Blanchet, B. Kindt, P. Legendre, P. R. Minchin, R. B. O'Hara, G. L. Simpson, P. Solymos, M. Henry, H. Stevens y H. Wagner.** 2013. *Vegan: Community ecology package*. R. package version 2.0-10. [http:// CRAN.R-project.org/package=vegan](http://CRAN.R-project.org/package=vegan)
- Ornelas J. F., V. Sosa, D. E. Soltis, J. M. Daza, C. González, P. S. Soltis, C. Gutiérrez-Rodríguez, A. E. de los Monteros, T. A. Castoe, C. Bell y E. Ruiz-Sánchez.** 2013. Comparative phylogeographic analyses illustrate the complex evolutionary history of threatened cloud forests of Northern Mesoamerica. *Plos One*. Vol. 8. Issue 2: 1-11 pp.
- Ornisnet.** 2014. (www.ornisnet.org) . Abril, 2014.
- Paradis E., J. Claude y K. Strimmer.** 2004. APE: Analyses of phylogenetics and evolution in R language. *Bioinformatics* 20: 289-290.
- Peterson A. T., s. L. Egbert, V. Sánchez-Cordero y K. P. Price.** 2000. Geographic analysis of conservation priority: endemic birds and mammals in Veracruz, México. *Biological Conservation*, 93: 85-94 pp.
- Prace G.T.** 1982. A review of the phytogeographic evidences for Pleistocene climate changes in the Neotropics. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 69: 594-624 pp.
- Rahbek C.** 2005. The role of spatial scale and the perception of large-scale species-richness patterns. *Ecology Letters*, 8: 224-239 pp.
- Risser P. G.** 1995. The status of the science examining ecotones. *BioScience*, 45: 318-315 pp.
- Rojas-Soto O. R., S. L. de Aquino, L. A. Sánchez-González y B. E. Hernández-Baños.** 2002. La colecta científica en el Neotrópico: el caso de las aves de México. *Ornitología Neotropical*, 13: 209-214 pp.
- Rojas-Soto O. R., V. Sosa y J. F. Ornelas.** 2012. Forecasting cloud forest in Eastern and southern México: conservation insights under future climate change scenarios. *Biodiversity Conservation*, 21: 2671-2690 pp.
- Rosindell J. y L. J. Harmon.** 2013. A unified model of species immigration, extinction and abundance on islands. *Journal of Biogeography*, 1-12 pp.
- Rueda M., B. A. Hawkins, I. Morales-Castilla, R. M. Vidanes, M. Ferrero y M. A. Rodríguez.** 2013. Does fragmentation increase extinction thresholds? A European-wide test with seven forest birds. *Global Ecology and Biogeography*, 1-11 pp.
- Rzedowski, J.** 1990. 'Vegetación Potencial'. IV.8.2. Atlas Nacional de México. Vol II. Escala 1:4000000. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Rzedowski, J.** 2006. *Vegetación de México*. 1ª edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México
- Sánchez-González L. A., J. J. Morrone y A. G. Navarro-Sigüenza.** 2008. Distributional patterns of the Neotropical humid montane forest avifaunas. *Biological Journal of the Linnean Society*. 94: 175-194 pp.



- Sánchez-González L. A. y A. G. Navarro-Sigüenza.** 2009. History meets ecology: a geographical analysis of ecological restriction in the Neotropical humid montane forest avifaunas. *Diversity and Distributions*, 15: 1-11 pp.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).** 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Diario Oficial, Mexico D. F. abril, 2014
- Shapiro S. S. y M. B. Wilk.** 1965. An analysis of variance test for Normality. *Biometrika*, Vol. 52: 591-611.
- Simberloff D. S. y E. O. Wilson.** 1970. Experimental Zoogeography of Islands. A. Two-Year Record of Colonization. *Ecology*, 51: 934-937 pp.
- Terborgh J.** 1985. The role of Ecotones in the Distribution of Andean birds. *Ecology*, 66: 1237-1246 pp.
- Toledo V. M.** 1975. La estacionalidad de las flores utilizadas por los colibríes de una selva tropical húmeda en México. *Biotropica*, 7: 63-70 pp.
- Urban D. L.** 2002. Capítulo 29. Classification and Regression trees. En: McCune B. M. y J. B. Grace. *Analysis of Ecological communities. With a contribution from Dean L. Urban.* USA.
- Valdez T. V., R. Foroughbakhch P. R. y G. Alanís F.** 2003. Distribución relictual del Bosque Mesófilo de Montaña en el Noreste de México. *Ciencia UANL. Vol IV: 3.* 360-365 pp.
- Vanschoenwinkel B., F. Buschke y L. Brendonck.** 2013. Disturbance regime alters the impact of dispersal on alpha and beta diversity in a natural metacommunity. *Ecology*, 94: 2547-2557 pp.
- Vega R. J. H., J. H. Rappole y P. Escalante.** 2003. Identificación del hábitat de ocho especies de aves tropicales mediante el análisis de regresión, en Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica* 74: 195-201 pp.
- Whittaker R. J. y J. M. Fernández-Palacios.** 2006. *Island Biogeography. Ecology, evolution, and conservation.* Oxford University press. Second edition. 401 pp.
- Whittaker R. J., R. J. Ladle, M. B. Araújo, J. M. Fernandez-Palacios. J. D: Delgado y J. R. Arévalo.** 2007. The island immaturity-speciation pulse model of island evolution: an alternative to the “diversity begets diversity” model. *Ecography*, 30: 321-327 pp.
- Whittaker R. J., K. A. Triantis y R. J. Ladle.** 2008. A general dynamic theory of oceanic island biogeography. *Journal of Biogeography*, 35: 977-994 pp.
- Williams-Linera Guadalupe.** 2002. Tree species richness complemetarity, disturbance and fragmentation in a Mexican tropical montane cloud forest. *Biodiversity and Conservation*, 11: 1825-1843 pp.
- Williams-Linera Guadalupe.** 2012. El bosque de niebla del centro de Veracruz: ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático. *CONABIO-Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz. México* 208 pp.
- Winker K., R. J. Oehlenschlager; M. A. Ramos; R. M. Zink; J. H. Rappole and D. W. Warner.** 1992. Bird distribution and abundance records for the Sierra de los Tuxtlas, Veracruz, México. en *Wilson Bulletin*, 104: 699-718 pp.
- Xingfeng Si, S. L., Pimm, G. J. Russell y P. Ding.** 2014. Turnover of breeding bird communities on island in an inundated lake. *Journal of Biogeography*, 1-10 pp.



Anexo

Lista anotada de especies por área de Los Tuxtlas. De acuerdo al suplemento 56 de la AOU 2015.

NOM (Norma oficial mexicana 059-ECOL-2001), por UICN (Unión Mundial para la Naturaleza), por categoría de endemismo y por NMBCA (Acta para la Conservación de las Aves Migratorias Neotropicales).

El AREA corresponde al área de BMM en que se registró la especie. SMT= San Martín Tuxtla. SM= Santa Martha. SMP= San Martín Pajapan.

(**Categorías de la NOM:** SC= Sin categoría. PR= Sujeta a protección especial. A= Amenazadas. P= En peligro de extinción. **Categorías de la UICN:** LC= protección menor. NT= Casi amenazada. EN= En peligro. **Estatus migratorio:** RESIDENTE= Residente permanente. MIGRATORIA= Migratoria de invierno. MIGRATORIAV= Migratoria de verano. TRANSITORIA= transitoria).

ESPECIE	ESTATUS	NOM	IUCN	NMBCA	AREA
ORDEN TINAMIFORMES					
FAMILIA TINAMIDAE					
<i>Crypturellus boucardi</i>	RESIDENTE	PR	LC	NO	SMT
ORDEN ANSERIFORMES					
FAMILIA ANATIDAE					
<i>Anas discors</i>	MIGRATORIA	SC	LC	SI	SMT
<i>Anas crecca</i>	MIGRATORIA	SC	LC	SI	SMT
ORDEN GALLIFORMES					
FAMILIA CRACIDAE					
<i>Crax rubra</i>	RESIDENTE	A	NT	NO	SMT, SMP
ORDEN PELECANIFORMES					
FAMILIA ARDEIDAE					
<i>Ardea herodias</i>	MIGRATORIA	SC	LC	SI	SMT
<i>Ardea alba</i>	RESIDENTE	SC	LC	SI	SMT
<i>Bubulcus ibis</i>	RESIDENTE	SC	LC	SI	SMT
<i>Butorides virescens</i>	RESIDENTE	SC	LC	SI	SMT
ORDEN ACCIPITRIFORMES					



FAMILIA CATHARTIDAE						
	<i>Coragyps atratus</i>	RESIDENTE	SC	LC	SI	SMT
	<i>Cathartes aura</i>	RESIDENTE	SC	LC	SI	SMT
	<i>Cathartes burrovianus</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT
FAMILIA ACCIPITRIDAE						
	<i>Accipiter striatus</i>	MIGRATORIA	PR	LC	SI	SMT
	<i>Buteogallus anthracinus</i>	RESIDENTE	PR	LC	SI	SMT
	<i>Pseudastur albicollis</i>	RESIDENTE	PR	LC	NO	SMT
	<i>Rupornis magnirostris</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT
	<i>Buteo platypterus</i>	TRANCITORIA	PR	LC	SI	SMT
	<i>Buteo brachyurus</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT
	<i>Geranoaetus albicaudatus</i>	RESIDENTE	PR	LC	NO	SMT
	<i>Buteo albonotatus</i>	MIGRATORIA	PR	LC	NO	SMT
	<i>Buteo jamaicensis</i>	MIGRATORIA	SC	LC	SI	SMT
	<i>Spizaetus tyrannus</i>	RESIDENTE	P	LC	NO	SMT
	<i>Spizaetus ornatus</i>	RESIDENTE	P	LC	NO	SMT
ORDEN GRUIFORMES						
FAMILIA ARAMIDAE						
	<i>Aramus guarauna</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT
ORDEN CHARADRIIFORMES						
FAMILIA SCOLOPACIDAE						
	<i>Actitis macularius</i>	MIGRATORIA	SC	LC	SI	SMT
ORDEN COLUMBIFORMES						
FAMILIA COLUMBIDAE						
	<i>Patagioenas flavirostris</i>	RESIDENTE	SC	LC	SI	SMT
	<i>Columbina inca</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT
	<i>Columbina talpacoti</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT
	<i>Leptotila verreauxi</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMP
	<i>Leptotila plumbeiceps</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT, SMP
	<i>Zentrygon carrikeri</i>	RESIDENTE	P	EN	NO	SMT, SM
ORDEN CUCULIFORMES						
FAMILIA CUCULIDAE						
	<i>Piaya cayana</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT, SMP
ORDEN STRIGIFORMES						
FAMILIA STRIGIDAE						
	<i>Glaucidium brasilianum</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT, SMP
	<i>Ciccaba virgata</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT, SMP
	<i>Ciccaba nigrolineata</i>	RESIDENTE	A	LC	NO	SMT



ORDEN CAPRIMULGIFORMES						
FAMILIA CAPRIMULGIDAE						
<i>Nyctidromus albicollis</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO		SMT, SMP
ORDEN APODIFORMES						
FAMILIA APODIDAE						
<i>Chaetura vauxi</i>	RESIDENTE	SC	LC	SI		SMP
FAMILIA TROCHILIDAE						
<i>Phaethornis longirostris</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO		SMT, SM
<i>Colibri thalassinus</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO		SMT
<i>Archilochus colubris</i>	MIGRATORIA	SC	LC	SI		SMT
<i>Campylopterus curvipennis</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO		SMT, SM, SMP
<i>Campylopterus hemileucurus</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO		SMT
<i>Amazilia candida</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO		SMT, SM, SMP
<i>Amazilia cyanocephala</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO		SM
<i>Amazilia tzacatl</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO		SMT
<i>Amazilia yucatanensis</i>	RESIDENTE	SC	LC	SI		SMT, SMP
ORDEN TROGONIFORMES						
FAMILIA TROGONIDAE						
<i>Trogon caligatus</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO		SMT
<i>Trogon collaris</i>	RESIDENTE	PR	LC	NO		SMT, SM, SMP
ORDEN CORACIIFORMES						
FAMILIA MOMOTIDAE						
<i>Hylomanes momotula</i>	RESIDENTE	A	LC	NO		SMT
<i>Momotus momota</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO		SMT, SM, SMP
ORDEN PICIFORMES						
FAMILIA RAMPHASTIDAE						
<i>Aulacorhynchus prasinus</i>	RESIDENTE	PR	LC	NO		SMT, SM, SMP
<i>Pteroglossus torquatus</i>	RESIDENTE	PR	LC	NO		SMT
<i>Ramphastos sulfuratus</i>	RESIDENTE	A	LC	NO		SMT, SMP
FAMILIA PICIDAE						
<i>Melanerpes aurifrons</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO		SMT, SMP
<i>Picoides fumigatus</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO		SMT, SM
<i>Colaptes rubiginosus</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO		SMT, SM
ORDEN FALCONIFORMES						
FAMILIA FALCONIDAE						
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO		SMT, SMP
<i>Micrastur ruficollis</i>	RESIDENTE	PR	LC	NO		SMT
<i>Caracara cheriway</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO		SMT, SMP



	<i>Falco sparverius</i>	MIGRATORIA	SC	LC	SI	SMP
	<i>Falco rufigularis</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT
ORDEN PSITTACIFORMES						
	FAMILIA PSITTACIDAE					
	<i>Eupsittula nana</i>	RESIDENTE	PR	LC	NO	SMT, SM
	<i>Amazona autumnalis</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT, SM
ORDEN PASSERIFORMES						
	FAMILIA FURNARIIDAE					
	<i>Sittasomus griseicapillus</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT, SM
	<i>Dendrocincla anabatina</i>	RESIDENTE	PR	LC	NO	SMT, SMP
	<i>Xiphorhynchus flavigaster</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT, SM, SMP
	<i>Lepidocolaptes affinis</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT, SM, SMP
	<i>Anabacerthia variegaticeps</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT, SM, SMP
	<i>Automolus ochrolaemus</i>	RESIDENTE	PR	LC	NO	SMT, SM, SMP
	FAMILIA TYRANNIDAE					
	<i>Attila spadiceus</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT, SM, SMP
	<i>Camptostoma imberbe</i>	RESIDENTE	SC	LC	SI	SMT
	<i>Platyrinchus cancrominus</i>	RESIDENTE	PR	LC	NO	SMT, SM
	<i>Rhynchocyclus brevirostris</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT, SM
	<i>Contopus pertinax</i>	RESIDENTE	SC	LC	SI	SMT
	<i>Empidonax flavescens</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT, SMP
	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	RESIDENTE	SC	LC	SI	SMT, SMP
	<i>Myiarchus tyrannulus</i>	RESIDENTE	SC	LC	SI	SMT
	<i>Pitangus sulphuratus</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT, SMP
	<i>Megarynchus pitangua</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT
	<i>Myiozetetes similis</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT
	<i>Myiodynastes luteiventris</i>	MIGRATORIAV	SC	LC	SI	SMT
	<i>Tyrannus melancholicus</i>	RESIDENTE	SC	LC	SI	SMT
	<i>Tyrannus savana</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT
	FAMILIA TITYRIDAE					
	<i>Tityra semifasciata</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT
	FAMILIA VIREONIDAE					
	<i>Vireo griseus</i>	MIGRATORIA	SC	LC	SI	SMT
	<i>Vireolanius pulchellus</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT
	FAMILIA CORVIDAE					
	<i>Psilorhinus morio</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT, SMP
	<i>Cyanocorax yncas</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT, SMP



FAMILIA HIRUNDINIDAE						
<i>Tachycineta bicolor</i>	MIGRATORIA	SC	LC	SI		SMT
<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	RESIDENTE	SC	LC	SI		SMT
FAMILIA TROGLODYTIDAE						
<i>Troglodytes aedon</i>	RESIDENTE	SC	LC	SI		SMT, SMP
<i>Campylorhynchus zonatus</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO		SMT
<i>Pheugopedius maculipectus</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO		SMT, SM, SMP
<i>Henicorhina leucosticta</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO		SMT, SM, SMP
FAMILIA POLIOPTILIDAE						
<i>Polioptila caerulea</i>	RESIDENTE	SC	LC	SI		SMT, SMP
FAMILIA TURDIDAE						
<i>Myadestes unicolor</i>	RESIDENTE	A	LC	NO		SMT, SM, SMP
<i>Catharus mexicanus</i>	RESIDENTE	PR	LC	NO		SMT, SMP
<i>Catharus ustulatus</i>	MIGRATORIA	SC	LC	SI		SMT
<i>Hylocichla mustelina</i>	MIGRATORIA	SC	LC	SI		SMT
<i>Turdus grayi</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO		SMT
<i>Turdus assimilis</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO		SMT
FAMILIA MIMIDAE						
<i>Dumetella carolinensis</i>	MIGRATORIA	SC	LC	SI		SMT
FAMILIA PARULIDAE						
<i>Seiurus aurocapilla</i>	MIGRATORIA	SC	LC	SI		SM
<i>Helmitheros vermivorum</i>	MIGRATORIA	SC	LC	SI		SMT
<i>Mniotilta varia</i>	MIGRATORIA	SC	LC	SI		SMT, SMP
<i>Oreothlypis peregrina</i>	MIGRATORIA	SC	LC	SI		SMT
<i>Oreothlypis ruficapilla</i>	MIGRATORIA	SC	LC	SI		SMT
<i>Setophaga citrina</i>	MIGRATORIA	SC	LC	SI		SMT
<i>Setophaga ruticilla</i>	MIGRATORIA	SC	LC	SI		SMT
<i>Setophaga magnolia</i>	MIGRATORIA	SC	LC	SI		SMT
<i>Setophaga coronata</i>	MIGRATORIA	SC	LC	SI		SMT, SMP
<i>Setophaga townsendi</i>	MIGRATORIA	SC	LC	SI		SMT
<i>Setophaga virens</i>	MIGRATORIA	SC	LC	SI		SMT, SM, SMP
<i>Basileuterus rufifrons</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO		SMT, SM, SMP
<i>Basileuterus belli</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO		SMT
<i>Basileuterus culicivorus</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO		SMT, SM
<i>Cardellina canadensis</i>	TRANSITORIA	SC	LC	SI		SMT
<i>Cardellina pusilla</i>	MIGRATORIA	SC	LC	SI		SMT, SMP
<i>Myioborus miniatus</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO		SMT
FAMILIA THRAUPIDAE						



<i>Thraupis episcopus</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT
<i>Thraupis abbas</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT
<i>Cyanerpes cyaneus</i>	MIGRATORIA V	SC	LC	NO	SMP
<i>Tiaris olivaceus</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT
<i>Sporophila torqueola</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT
<i>Saltator atriceps</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT
<i>Saltator maximus</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT, SMP
<i>Saltator coerulescens</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT
FAMILIA EMBERIZIDAE					
<i>Arremon brunneinucha</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT, SM, SMP
<i>Arremonops rufivirgatus</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT
<i>Aimophila rufescens</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT
<i>Chlorospingus flavopectus</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT, SM, SMP
FAMILIA CARDINALIDAE					
<i>Piranga rubra</i>	MIGRATORIA	SC	LC	SI	SMT
<i>Habia rubica</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT, SMP
<i>Habia fuscicauda</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT, SMP
<i>Caryothraustes poliogaster</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT
<i>Pheucticus ludovicianus</i>	MIGRATORIA	SC	LC	SI	SMT
<i>Passerina cyanea</i>	MIGRATORIA	SC	LC	SI	SMP
FAMILIA ICTERIDAE					
<i>Agelaius phoeniceus</i>	RESIDENTE	SC	LC	SI	SMT
<i>Sturnella magna</i>	RESIDENTE	SC	LC	SI	SMT
<i>Dives dives</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT
<i>Quiscalus mexicanus</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT
<i>Amblycercus holosericeus</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SM
<i>Psarocolius montezuma</i>	RESIDENTE	PR	LC	NO	SMT
FAMILIA FRINGILLIDAE					
<i>Euphonia affinis</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT
<i>Euphonia hirundinacea</i>	MIGRATORIA	SC	LC	NO	SMP
<i>Chlorophonia occipitalis</i>	RESIDENTE	SC	LC	NO	SMT
<i>Spinus psaltria</i>	RESIDENTE	SC	LC	SI	SMT

