



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS
DE HIDALGO**

Facultad de Biología

Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas

**“DIAGNOSTICO DE LAS ESPECIES DE TINAMIDAE Y CRACIDAE,
EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA DE LOS TUXTLAS,
VERACRUZ”**

TESIS

Que como requisito para Obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Área: Ecología y Conservación

PRESENTA

BIÓL. KARLA PATRICIA PARRA-NOGUEZ

DIRECTOR: Dr. Juan Manuel Ortega Rodríguez

CODIRECTORA: Dra. B. Patricia Escalante Pliego

Morelia Michoacán, México Agosto del 2012



A mi padre por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo mantenido a través del tiempo y a mis hermanos que quiero mucho



La mayoría de las ideas fundamentales de la ciencia son esencialmente sencillas y, por regla general pueden ser expresadas en un lenguaje comprensible para todos.

Albert Einstein

Investigar es ver lo que todo el mundo ha visto, y pensar lo que nadie más ha pensado

Albert Szent Gyorgi

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor el Dr. Juan Manuel Ortega por su amistad, apoyo, comentarios en esta tesis y motivación en todo momento.

A mis sinodales Dra. Patricia Escalante, Dr. Tiberio C. Monterrubio, Dr. Fernando Villaseñor y Dr. Alfredo Amador por su amistad y comentarios valiosos para esta tesis.

A Claudio Mota por su apoyo siempre incondicional, su cariño y comentarios para esta tesis.

A mis amigos Miguel De Labra, Margarito Álvarez Jara Mario Suarez y Adrian Morales por su apoyo en el trabajo de campo y comentarios para mi tesis.

A la Bióloga Rosamond Coates, por el apoyo brindado en la Estación de Biología de la Reserva de Los Tuxtlas y ha Álvaro Campos Villanueva

A lo compañeros Noemí Matías, Marco Gurrola de la Colección de Aves en el Instituto de Biología, por el apoyo brindado.

A Iván Díaz por su amistad y comentarios para mi tesis.

A las personas de los Tuxtlas que nos apoyaron durante el el trabajo de campo Braulio Málaga (Adolfo Ruiz Cortínez). Don Gonzalo Baxin, Don Claudio y Roberto (La Perla de San Martín). Don Mauricio (Santa Marta). Don Abraham Ramírez (Dos Amates). Sociedad Cooperativa El Apompal, (Miguel Hidalgo), Don Lupe Martínez y Doña Manina, Gaby, Adrián, Bartolo y Margarito. Sociedad Cooperativa Cerro del Marinero (Adolfo López Mateos). Profesor Esteban García Arias (Mazumiapan Chico). Ángel Gutiérrez Zacarías (Ocotál Chico). Melanio Martínez González y Roberto González (Ocotál grande). Don Irineo Hernández Ramírez (Plan Agrario). Don Florentino Antonio Martínez, Ceferino Ignacio Martínez (Santanón Rodríguez).

Al proyecto Monitoreo, fragmentación del hábitat y genética poblacional para la conservación de vertebrados en estatus de riesgo en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, por el financiamiento a esta tesis. También al Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas y a CONACYT por la beca otorgada.



INDICE

RESUMEN	1
CAPITULO I	3
I. INTRODUCCIÓN	4
II. ANTECEDENTES	7
III. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES DE ESTUDIO.....	7
A) FAMILIA TINAMIDAE.....	7
<i>Timanus major</i> (tinamú mayor).....	7
<i>Crypturellus soui</i> (tinamú menor)	8
<i>Crypturellus cinnamomeus</i> (tinamú canelo).....	9
<i>Crypturellus boucardi</i> (tinamú jamuey).....	10
B) FAMILIA CRACIDAE	11
<i>Crax rubra</i> (hocofaisán).....	11
<i>Penelope purpurascens</i> (pava cojolita)	11
<i>Ortalis vetula</i> (chachalaca olivácea).....	12
IV. ESTUDIOS DE LAS FAMILIAS	13
Estudios sobre tinámidos	13
Estudios sobre crácidos	13
V. JUSTIFICACIÓN	15
VI. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	15

VII. HIPOTESIS DE TRABAJO	15
VIII. OBJETIVOS	16
Generales:	16
Particulares:	16
IX. MATERIALES Y MÉTODOS	17
Descripción del área de estudio	17
Geología	18
Edafología.....	19
Hidrología.....	20
Clima	20
Temperatura.....	20
Precipitación	21
Vegetación	21
Descripción de los tipos de vegetación	23
a) Bosque tropical perennifolio o selva alta perennifolia.....	23
b) Bosque mesófilo de montaña	23
c) Bosque de encino.....	23
d) Bosque de pino	24
e) Acahual.....	24
f) Potreros	25

j) Cultivos	25
Diseño del muestreo de campo	28
Trabajo de campo	28
X. ANÁLISIS DE DATOS	29
Abundancia de las especies	28
XI. RESULTADOS	30
a) Localidades de presencia	30
b) Registros por métodos aplicados.....	32
c) Registros de especies en áreas conservadas y perturbadas.....	33
d) Registros por rango altitudinal.....	35
e) Abundancias por tipo de vegetación.	37
f) Puntos de registros de las especies de Tinamidae.....	38
g) Puntos de registros de las especies de Cracidae.....	39
XII. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	42
XIII. LITERATURA CITADA	48
CAPITULO II. ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES DE LA FAMILIA TINAMIDAE Y CRACIDAE EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA DE LOS TUXTLAS, VERACRUZ, MEDIANTE MODELAJE DE NICHOS ECOLÓGICOS.	57
1. INTRODUCCIÓN.....	58
2. ANTECEDENTES	60

2.1 Modelación de la distribución	60
3. JUSTIFICACIÓN.....	64
4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	64
5. HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	65
6. OBJETIVOS.....	65
6.1 Objetivo general	65
6.2 Particulares	65
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	66
7.1 Datos de presencia	66
7.2 Variables ambientales.....	66
7.3 Método de Jackknife.....	68
7.4 Autocorrelación espacial	69
7.5 Generación de modelos	69
8. RESULTADOS	71
8.1 DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LAS ESPECIES DE LA FAMILIA TINAMIDAE EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE LOS TUXTLAS	77
a) <i>Tinamus major</i>	77
b) <i>Crypturellus cinnamomeus</i>	77
c) <i>Crypturellus boucardi</i>	77

8.2 DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LAS ESPECIES DE LA FAMILIA CRACIDAE EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE LOS TUXTLAS.....	77
a) <i>Crax rubra</i>	77
b) <i>Penelope purpurascens</i>	78
c) <i>Ortalis vetula</i>	80
8.3 ANALISIS DE LOS MODELOS.....	83
I) Análisis de la distribución potencial en base a las variables de temperatura y precipitación para las especies de tinámidos.	82
<i>Tinamus major</i>	82
<i>Crypturellus cinnamomeus</i>	85
<i>Crypturellus boucardi</i>	85
III) Análisis de la distribución potencial en base a las variables de temperatura y precipitación para las especies de crácidos.....	87
<i>Crax rubra</i>	87
<i>Penelope purpurascens</i>	88
<i>Ortalis vetula</i>	89
9. DISCUSIÓN.....	91
10. CONCLUSIONES.....	94
11. RECOMENDACIONES	96
12. LITERATURA	97

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Matriz de presencia de las especies en los diferentes tipos de vegetación en las localidades visitadas, con su ubicación geográfica.	31
Cuadro 2. Número de registros e individuos para las especies de la familia Tinamidae en los cuatro métodos aplicados en el área de estudio.....	32
Cuadro 3. Número de registros e individuos para las especies de la familia Cracidae en los cuatro métodos aplicados en el área de estudio.....	32
Cuadro 4. Abundancias de las especies de la familia Tinamidae expresadas en número de individuos en 100 conteos, por tipo de vegetación.....	40
Cuadro 5. Abundancias de las especies de la familia Cracidae expresadas en número de individuos en 100 conteos por tipo de vegetación.....	41
CAPITULO II. ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES DE LA FAMILIA TINAMIDAE Y CRACIDAE EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA DE LOS TUXTLAS, VERACRUZ, MEDIANTE MODELAJE DE NICHOS ECOLÓGICO.	
Cuadro 1. Datos obtenidos de las colecciones y trabajo de campo para cada especie de las familias Tinamidae y Cracidae usados en los modelos y para validar	68
Cuadro 2. Variables ambientales de temperatura y precipitación no correlacionadas	68
Cuadro 3. Especies y número de datos con que realizó el ejercicio jackknife	68

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO I.....	3
Figura 1. Mapa de ubicación de la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Veracruz, donde se muestran las localidades visitadas.	18
Figura 2. Tipos de vegetación presentes en el área de estudio. A) bosque mesófilo de montaña, B) bosque tropical perennifolio C) bosque de pino-encino, D) cultivos, E) vegetación secundaria, F) potreros.	22
Figura 3. Mapa que muestra los métodos aplicados (puntos de color) y los tipos de vegetación presentes (en color y los fragmentos en números) en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas.	22
Figura 4. Número de registros en los diferentes tipos de vegetación para especies de la familia Tinamidae.	34
Figura 5. Número de registros en los diferentes tipos de vegetación para especies de la familia Cracidae.	35
Figura 6. Número de registros por altitud para cada especie de tinámidos en la Reserva de Los Tuxtlas	36
Figura 7. Número de registros por altitud para cada especie de crácidos en la Reserva de Los Tuxtlas	37
Figura 8. Mapa que muestra los registros obtenidos en campo para cada especie de tinámidos en la Reserva de las Tuxtlas.....	38
Figura 9. Mapa que muestra los registros obtenidos en campo para cada especie de crácidos en la Reserva de Los Tuxtlas	39

CAPITULO II. ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES DE LA FAMILIA TINAMIDAE Y CRACIDAE EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA DE LOS TUXTLAS, VERACRUZ, MEDIANTE MODELAJE DE NICHOS ECOLÓGICOS. 57

Figura 1. Mapa que muestra la distribución potencial de *Tinamus major* y los registros obtenidos en campo y de colecciones para la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas. 72

Figura 2. Mapa que nos muestra la distribución potencial de *Crypturellus cinnamomeus* y los registros obtenidos en campo y de colecciones para la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas. 74

Figura 3. Mapa que muestra la distribución potencial de *Crypturellus boucardi* y registros obtenidos en campo y de colecciones para la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas 76

Figura 4. Mapa que nos muestra la distribución potencial de *Crax rubra* y los registros que se obtuvieron en campo y de colecciones para la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas ... 78

Figura 5. Mapa que nos muestra la distribución potencial de *Penelope purpurascens* y registros obtenidos en campo y de colecciones para la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas 80

Figura 6. Mapa que nos muestra la distribución potencial de *Ortalis vetula* y registros obtenidos en campo y de colecciones para la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas 82

Figura 7. Visualización bidimensional del nicho ecológico de *Tinamus major*, (considerando la relación entre temperatura media anual y precipitación) en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas. (La combinación de predicción habitable de la especie se muestra en rombos amarillos; los registros de campo en triángulos negros 22

Figura 8. Visualización bidimensional del nicho ecológico de *C. cinnamomeus* (considerando la relación entre temperatura media anual y precipitación) en la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas. (La combinación de predicción habitable de la especie se muestra rombos amarillos: los registros de campo en triángulos negros). 84

Figura 9. Visualización bidimensional del nicho ecológico de *C. boucardi*, (considerando la relación entre temperatura media anual y precipitación) en la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas. (La combinación de predicción habitable de la especie se muestra en rombos amarillo: los registros de campo en triángulos negros). 85

Figura 10. Visualización bidimensional del nicho ecológico de la familia Tinamidae (considerando la relación entre temperatura media anual y elevación [A], precipitación anual y elevación [B]) en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas. (La combinación de predicción habitable de cada especie se muestra en línea amarilla [Tima], línea roja [Crci] y línea verde [Crbo]). 86

Figura 11. Visualización bidimensional del nicho ecológico de *C. rubra* (considerando la relación entre temperatura media anual y precipitación) en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas. (La combinación predicción habitable de la especie se muestra en rombos amarillos: los registros de campo en triángulos negros). 87

Figura 12. Visualización bidimensional del nicho ecológico de *P. purpurascens* (considerando la relación entre temperatura media anual y precipitación) en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas. (La combinación de predicción habitable de la especie se muestra en rombos amarillos: los registros de campo en triángulos negros)... 88

Figura 13. Visualización bidimensional del nicho ecológico de *O. vetula* (considerando la relación entre temperatura media anual y precipitación) en la Reserva de la Biósfera de Los

Tuxtlas. (La combinación de predicción habitable de la especie se muestra en rombos amarillos: los registros de campo en triángulos negros)... 89

Figura 14. Visualización bidimensional del nicho ecológico de la familia Cracidae (considerando la relación entre temperatura media anual [A] y elevación, precipitación anual con elevación [B]) en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas. (La combinación de predicción habitable de cada especie se muestra en línea amarilla [Crru], línea roja [Pepu] y línea verde oscuro [Orve])..... 90

RESUMEN

En la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas se encuentran cuatro especies de Tinamidae (*Tinamus mayor*, *Crypturellus soui*, *C. cinnamomeus*, *C. boucardi*) de Tinamidae y tres de Cracidae (*Crax rubra*, *Penelope purpurascens*, *Ortalis vetula*); de ellas seis se encuentran en alguna categoría de riesgo según la NOM-059-2001. Los principales problemas que las afectan son la fragmentación del hábitat y la cacería: además, se sabe poco de sus poblaciones. Ante esta situación los objetivos de este trabajo fueron verificar la presencia de las especies y evaluar su distribución y abundancia. La Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas tiene una extensión de 155,122 ha. presenta temperaturas que van de 8 a 36°C y precipitación de 1500 a 4500 mm y nueve los tipos de vegetación presentes.

Se realizaron cinco salidas de campo que comprendieron el periodo de marzo-mayo del 2010 y marzo-julio 2011, en los que se visitaron 17 localidades, y se realizaron 472 puntos de conteo en zonas conservadas y perturbadas. En total se obtuvieron 258 registros en los que se verificó la presencia de seis, de las siete especies reportadas. Entre las especies de Tinamidae que se registraron, *C. boucardi* se observó en la mayoría de localidades (siete) y se encontró en cinco tipos de vegetación, con un amplio rango altitudinal y fue más abundante en el bosque tropical con 28.1 ind/100 puntos de conteo. Para la familia Cracidae la especie *O. vetula* se registró en 14 localidades, en siete tipos de vegetación, con un amplio rango altitudinal y fue abundante en bosque tropical perturbado con 44 ind/100 puntos de conteo. La especie *C. soui* de Tinamidae no fue registrada en los monitoreos, a

Diagnóstico de las especies de Tinamidae y Cracidae, en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz

pesar de que nuestro esfuerzo de muestreo fue considerable, por lo que sugerimos prestar atención especial a esta especie. Los registros obtenidos en este trabajo muestran que las especies de ambas familias, en general, son poco abundantes por lo que es necesario darle continuidad a este tipo de estudios para consolidar programas de conservación de las especies y su hábitat.

CAPITULO I

I. INTRODUCCIÓN

Las diferentes especies de las familias Tinamidae (tinamúes) y Cracidae (chachalacas, pavas y pavones) son exclusivamente Neotropicales y su distribución se restringe al Continente Americano en donde habitan en bosques tropicales y templados principalmente. La familia Tinamidae cuenta con 47 especies de las cuales cuatro se encuentran en México (*Tinamus major*, *Crypturellus cinnamomeus*, *C. soui* y *C. boucardi*), todas reportadas para la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas y las cuatro se encuentran en alguna categoría de riesgo. La familia Cracidae cuenta con 50 especies, de las cuales ocho se encuentran en México y tres se reportan para el área de estudio (*Crax rubra*, *Penelope purpurascens* y *Ortalis vetula*) de estas tres especies, las dos primeras se encuentran amenazadas y *O. vetula* se reporta como estable (Cracidae Specialist Group 1999, Kricher 2006, BirdLife Internacional 2008, DOF 2010).

Las dos principales causas de amenaza de estas aves son: 1) la caza excesiva, ya que en muchas regiones la carne de estas aves representa una fuente importante de proteína para las poblaciones indígenas y 2) la pérdida de hábitat debido a la deforestación principalmente los bosques tropicales y mesófilos de montaña (Cracidae Specialist Group 1999, Cancino y Brooks 2006, UICN 2008).

Cabe señalar que muchas de estas especies son principalmente frugívoras y se sabe que juegan un papel importante en la dispersión de semillas de diferentes especies de plantas (Brooks 2000a, Cancino y Brooks 2006). En México, los bosques tropicales han desaparecido hasta quedar reducidos a sólo el 10% de su extensión original, poniendo en

riesgo a plantas y animales que en ellas habitan. De lo que ha quedado de los bosques tropicales, una pequeña fracción (26%) está protegida por el sistema de Áreas Naturales Protegidas de México. Los bosques tropicales tienen una fragilidad inherente ante la perturbación antropogénica, que los vuelve sumamente vulnerables a la degradación y empobrecimiento (Challenger 1998). Para el bosque mesófilo de montaña (BMM), se estima que menos del 1% del territorio nacional está ocupado por este tipo de vegetación (8809 Km²) y aproximadamente un 50% de la superficie original ha sido reemplazada por otros tipos de coberturas y sólo 24% del área ocupada por BMM se encuentran protegido (Challenger 1998, CONABIO 2010).

La región de Los Tuxtlas presenta uno de los casos más documentados de deforestación. Hacia la década de los noventa quedaba únicamente entre 15% y 16% de la vegetación original (Dirzo y García 1992) y en años recientes sólo queda entre el 7% y el 10% de la cobertura vegetal original, por lo que actualmente el paisaje está constituido por parches de vegetación remanente de extensión variable, inmersos en una matriz de potreros (Mendoza y Dirzo 2005; Arroyo-Rodríguez et al. 2007; Dirzo et al. 2009).

Los organismos más susceptibles a los cambios de uso de suelo son las aves (Estrada y Coates-Estrada 1995). Ante esta situación son varias las especies de aves que podrían desaparecer en los próximos años de no tomarse medidas de conservación, ya que actualmente se encuentran enlistadas para la región 30 especies en peligro de extinción y 55 amenazadas (Winker 1997), contándose entre ellas las especies objeto de estudio de este proyecto. Por lo anterior, es importante realizar un monitoreo de las especies de las familia

Diagnóstico de las especies de Tinamidae y Cracidae, en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz

Tinamidae y Cracidae para actualizar la información, en qué condiciones se encuentran y cuál es su situación actual de distribución y abundancias, ante el panorama que presenta la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas.

II. ANTECEDENTES

Las cuatro especies de tinamúes reportadas para la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas y su categoría de amenaza según la NOM-059-2010 son: *Tinamus major* (Amenazada), *Crypturellus soui* (Amenazada), *Crypturellus cinnamomeus* [Protección especial], *Crypturellus boucardi* (Amenazada), para el caso de los Crácidos: *Crax rubra* (Amenazada), *Penelope purpurascens* (Amenazada), *Ortalis vetula* (no incluida en alguna categoría de amenaza).

III. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES DE ESTUDIO

A) FAMILIA TINAMIDAE

Tinamus major (tinamú mayor)

El tinamú mayor mide de 380 a 430 mm de longitud, presenta un rostro y piernas grisáceos, tiene el anillo ocular blanco y una corona con plumaje oscuro, en ocasiones presenta un parche auricular oscuro. El plumaje de nuca y las partes superiores son de tono café oscuro enmarcado por barras y manchas negras, el plumaje de las partes inferiores es de color café grisáceo, más pálido en el vientre, ornamentaciones oscuras se tornan en barras a los flancos, muslos y plumas cobertoras inferiores de la cola. Los sexos son similares (Peterson y Chalif 1973, Howell y Webb 1995). Se encuentra desde el nivel del mar hasta los 1200 m. Se distribuye en la vertiente del Atlántico desde el sur de Veracruz y Norte de Oaxaca hasta Honduras (Howell y Webb 1995).

Ocurre en las selvas tropicales del sureste de México y en selvas parcialmente perturbadas (Howell y Webb 1995, Stotz *et al.* 1996). Se alimenta de frutas, semillas y raíces, nueces y pequeños vertebrados como lagartijas y ranas y algunos invertebrados. Su sistema de apareamiento es la poliandria. Por lo general anidan en el suelo, sitúan su nido bajo la cubierta de algún arbusto y parece reproducirse a lo largo de todo el año, principalmente de enero a julio. Ponen por lo general de 3 a 6 huevos pero se han encontrado rangos de 3 a 12 huevos. La incubación es de alrededor de 20 días. La coloración de los huevos es muy vistosa, de color turquesa, azul verdoso o violeta. (Del Hoyo *et al.* 1994, Howell y Webb 1995).

***Crypturellus soui* (tinamú menor)**

Es la especie de menor tamaño promedio, mide de 200 a 240 mm. Presenta diferencia entre sexos en adultos. Los machos son más oscuros y menos ocreos y las hembras presentan plumajes brillantes. Los machos presentan las piernas en una tonalidad olivo a oliváceo-amarillento. La cabeza y la nuca son de un color gris oscuro con la garganta blanquecina. El plumaje de las partes superiores es de un intenso café oscuro. El pecho es café, diluyéndose gradualmente en un tono canela grisáceo en el vientre, las plumas cobertoras inferiores de la cola presentan un barrado (Skutch 1963, Del Hoyo *et al.* 1994, Howell y Webb 1995).

Se distribuye desde el nivel del mar hasta los 1400 m, en la vertiente del Atlántico desde el centro de Veracruz y Norte de Oaxaca hasta Honduras (Howell y Webb 1995). Habita en bosques tropicales húmedos y subhúmedos. Frecuenta los bosques de crecimiento

secundario con abundante sotobosque y arbustos, así como de la vegetación arbustiva de los bordes de bosques (Del Hoyo *et al.* 1994, Howell y Webb 1995, Stotz *et al.* 1996). Se alimenta de frutos, tubérculos, semillas, insectos, termitas, hormigas así como larvas de mariposas y orugas, ocasionalmente ranas pequeñas. El tamaño de la nidada es de 1 a 4 huevos, aunque por lo general ponen 2 huevos de color gris vinaceo (Leopold 1959, Del Hoyo *et al.* 1994, Howell y Webb 1995).

***Crypturellus cinnamomeus* (Tinamú canelo)**

El tinamú canelo es una especie de 255 a 290 mm. Los sexos son diferentes. En los machos las patas son naranja rojizo, con la cabeza y el cuello de color café rojizo y la corona es más oscura. Sus partes dorsales en ambos sexos tienen barras café oscuro y café claro. El macho tiene barras en la parte posterior de las partes dorsales. La rabadilla y plumas cobertoras sobre la cola están barradas de negro y también las alas, cuello y pecho de color café rojizo, la garganta es blanquecina y el vientre claro. Las hembras tienen las partes dorsales rayadas de blanco y negro, los costados están barrados de café oscuro y café claro, frecuentemente el barrado se extiende al pecho (Howell y Webb 1995).

Se distribuye desde el nivel del mar hasta los 1800 m en la vertiente del Atlántico desde el centro de Tamaulipas a la Península de Yucatán y en la vertiente del Pacífico desde Sinaloa hasta Guerrero, también se encuentra desde el Sureste de Oaxaca y en localidades del interior del Istmo de Tehuantepec hasta el Salvador y Honduras. Habita en vegetación secundaria de bosque de coníferas-*Quercus* y en bordes de bosques conservados (Howell y Webb 1995).

***Crypturellus boucardi* (tinamú jamuey)**

Es una especie que es similar a el tinamú canela (*Crypturellus cinnamomeus*), pero es más oscura, dando una impresión de ser de color negro en condiciones de sombra. Su tamaño es de 260 a 290 mm con un peso de ambos sexos entre 440 y 500 gr. Los sexos son diferentes. En los machos las patas son color rojizo brillante, la cabeza y cuello son grisáceos, la corona es negra y garganta blanquecina.

Se le encuentra hasta los 1400 msnm (Howell y Webb 1995). En México, el tinamú jamuey presenta una distribución muy similar a la del tinamú mayor (*Tinamus major*) y el tinamú menor (*Crypturellus soui*), a lo largo de la vertiente del Golfo de México, desde la porción central de Veracruz y norte de Oaxaca hacia el sur de Campeche, sur de Quintana Roo y la región Lacandona de Chiapas (Leopold 1959, Howell y Webb 1995).

Ocurre en tierras cubiertas por bosques tropicales húmedos, utilizando el mismo hábitat que el tinamú mayor, es decir, selvas tropicales altas bien desarrolladas (Del Hoyo *et al.* 1994, Stotz *et al.* 1996). Se alimenta de frutos y semillas, la dieta incluye hormigas, termitas, larvas de mariposas y orugas, escarabajos y otros insectos, también pequeños vertebrados como ranas y lagartijas (Del Hoyo *et al.* 1994). Es una especie solitaria y su presencia es detectada mediante sus vocalizaciones, no muestra movimientos estacionales o latitudinales marcados. Presentan una conducta reproductiva de poliandria (Del Hoyo *et al.* 1994, Howell y Webb 1995).

B) FAMILIA CRACIDAE

***Crax rubra* (hocofaisán)**

Su tamaño va 760 a 91.5 mm. Los sexos y las edades son diferentes. El macho adulto tiene los ojos de color ámbar y el pico negro con la base amarilla y una prominencia. Todo el plumaje es negro lustroso. Se distribuye desde el nivel del mar a los 2500 m en la vertiente del Atlántico desde el Sur de Tamaulipas hasta Honduras, incluyendo la Isla de Cozumel, en la vertiente del Pacífico desde el este de Oaxaca hasta el Salvador (Howell y Webb 1995). Habita en bosque tropical perennifolio conservado, también en manglares en la costa del Pacífico (rara vez se les observa con excepción de zonas remotas o protegidas). Es una especie terrestre, que se alimenta en los árboles y los machos vocalizan en las partes altas de los árboles (Howell y Webb 1995).

***Penelope purpurascens* (pava cojolita)**

Esta especie mide entre 810 y 910 mm. no presenta dimorfismo sexual y ambos sexos presentan piel colgante en el cuello de coloración roja y una tupida cresta eréctil. No existen diferencias entre edades. Los adultos tienen los ojos rojos, pico negro, piel facial desnuda de un color azul-gris profundo, garganta colgante, naranja-rojo, patas rojizo apagado. El plumaje es todo café negruzco, a menudo se ve negro; cabeza, cuello, pecho y partes superiores fuertemente brillante verde, más bronceado en la rabadilla y cobertoras superiores de la cola. Cuello, espalda y partes inferiores rayado y moteado blanco. Juveniles tienen los ojos cafés la garganta reducida o sin ella; rayas blancas reducidas (Leopold 1959; Howell y Webb 1995).

Es residente poco común a raro (0-2500 msnm) en ambas vertientes desde el Norte de Sinaloa y centro de Tamaulipas extendiéndose por el Istmo de Tehuantepec y hacia el este, atravesando Chiapas y partes boscosas de La Península de Yucatán., ha sido diezmado por la cacería en muchas partes de su distribución. (Leopold 1959, Howell y Webb 1995, AOU 1998). Prefieren áreas boscosas y semiabiertas, comen flores y brotes tiernos e insectos en menor proporción (Pacheco 1994). La pava cojolita ocurre de los 0-2000 m en zonas tropicales y subtropicales húmedas, como bosque tropical siempre verde de tierras bajas y bosque tropical deciduo, bosque de galería y bosque de pino, pino-encino y bosque mesófilo de montaña (Leopold 1959, Howell y Webb 1995, AOU 1998, Martínez-Morales 2007). Es una especie que anda en parejas o en grupos pequeños, es arbórea, raramente se le ve en el suelo (Howell y Webb 1995).

***Ortalis vetula* (chachalaca olivácea)**

Esta chachalaca mide entre 405 a 560 mm. El adulto tiene la piel orbital gris, la cabeza grisácea. El cuello, partes superiores del pecho y las partes dorsales son café oliva. Se distribuye desde el nivel del mar a los 1800 m en la vertiente del Atlántico y en localidades del interior de Tamaulipas y el Este de Nuevo León hasta Honduras y el centro de Nicaragua. Habita en vegetación secundaria y bordes de bosque tropical perennifolio y caducifolio. Se alimentan en todas las partes de los bosques (Howell y Webb 1995).

IV. ESTUDIOS DE LAS FAMILIAS

Estudios sobre tinámidos

El grupo de los tinámidos son de las aves menos estudiadas; se tienen pocos antecedentes de estudios ecológicos y de comportamiento (Schafer 1954, Lancaster 1964a, 1964b, 1964c Bump y Bump 1969, Bohl 1970b). En los últimos años se han realizado trabajos en los cuales se menciona su estado poblacional, anatomía y observaciones en cautiverio (e. g., Menegheti 1985, Burger 1992, Moro *et al.* 1994): también existe información que se encuentra en guías de aves y manuales (por ejemplo, Sick 1993, Davies 2002). Brennan (2004) propone técnicas (observar y seguir, captura, marcaje, monitoreo de nidos, telemetría, muestreo de ADN) para el estudio de la ecología del comportamiento de tinamúes.

Estudios sobre crácidos

Torres (1997 en su trabajo sobre los de crácidos de Perú, utilizó el método de franjas de distancia fija y ancho variable (método de King), efectuando detecciones visuales y auditivas. Otro método es el de transecto lineal para estimar abundancias y densidades, donde las técnicas de identificación fueron auditiva y visual, en especies como *Crax rubra*, *Oreophasis derbianus*, *Aburri aburri*, *Ortalis guttata*, *Penelope jacquacu*, *Penelope cumanensis* (Martínez-Morales 1999, González-García y Abundis 2005, Ríos *et al.* 2005, Martínez y Ayala 2006, Valencia-Herverh *et al.* 2008, Yahuarcani *et al.* 2009).

Calme (2000) mencionó que el método más adecuado para el muestreo de aves es la cuenta directa en transectos lineales con o sin fronteras y puntos con o sin radio, siendo los más usados para determinar abundancias relativas y densidades, así como proporciones de sexo y edades, pero en el caso de la pava cojolita y las chachalacas es imposible de determinar el sexo visualmente. En el caso de aves terrestres mayores, la mayoría de las observaciones son auditivas, salvo para el pavo y el hocofaisán.

Martínez-Morales (2007), utilizó conteos por puntos para estimar la riqueza y abundancia de las especies entre ellas *Penelope purpurascens*. Mientras que a *Ortalis poliocephala* algunos autores la consideran abundante localmente (Ornelas *et al.* 1993, Ramírez-Albores y Ramírez-Cedillo 2002) y otros como moderadamente común (Almazán-Núñez y Navarro, 2006).

V. JUSTIFICACIÓN

Dada la carencia general de información detallada en lo referente a la distribución y abundancia de las especies de las familias Tinamidae y Cracidae en la Región de Los Tuxtlas, y considerando que de las siete especies que conforman las dos familias, seis se encuentran listadas en alguna categoría de riesgo según la NOM-059-2010, este trabajo aporta información sobre las condiciones de las especies en el área de estudio.

VI. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- I.** ¿Están presentes las cuatro especies de tinamúes y tres de crácidos, reportadas en la literatura para la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas?
- II.** ¿En cuál de las diferentes asociaciones vegetales están mejor representadas las especies de estudio?
- III.** ¿Cómo se distribuye la abundancia de las especies entre las diferentes asociaciones vegetales de la Reserva?

VII. HIPOTESIS DE TRABAJO

Debido a la presión por la cacería y a la deforestación que sufrió el área de la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas desde hace 40 años, cabe esperar que las especies de las dos familias de estudio hayan sido afectadas y que por tanto, sus poblaciones se concentren restringidas a las áreas de bosque conservado que existe actualmente.

VIII. OBJETIVOS

Generales:

- ☞ Analizar la distribución y abundancia de las especies de Tinamidae y Cracidae en la Reserva de la Biósfera de los Tuxtlas, Veracruz.

Particulares:

- ☞ Determinar la presencia-ausencia de las especies de Tinamidae y Cracidae en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas.
- ☞ Analizar los datos obtenidos en campo en los tipos de vegetación y altitud para las especies de estudios y su distribución.
- ☞ Estimar la abundancia de las especies en diferentes asociaciones vegetales presentes en la zona de Los Tuxtlas.

IX. MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

La Sierra de Los Tuxtlas es una cordillera de origen volcánico localizada al sur del estado de Veracruz, sobre la costa del Golfo de México, entre las coordenadas 18° 05' y 18° 43' de latitud norte y 94° 35' y 95° 25' de longitud oeste (Guevara *et al.* 2004, Dirzo *et al.* 1997, CONANP SEMARNAT 2006). Se encuentra formada por tres grandes macizos volcánicos: el volcán San Martín Tuxtla al noroeste (1,780 msnm), el de Santa Marta al sureste (1,660 msnm) y San Martín Pajapan (1245 msnm), además de numerosos conos cineríticos asociados a ellos (Mayer 1962).

La reserva de la Biosfera Los Tuxtlas tiene una extensión de 155,122 ha (Figura 1), de las cuales 125, 405 ha corresponden a la zona de amortiguamiento y que rodea a las tres zonas núcleo de la reserva: el volcán de San Martín Tuxtla con 9805 ha, la Sierra de Santa Marta con 18031 ha y San Martín Pajapan con 1883 ha (CONANP SEMARNAT 2006).

Diagnóstico de las especies de Tinamidae y Cracidae, en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz

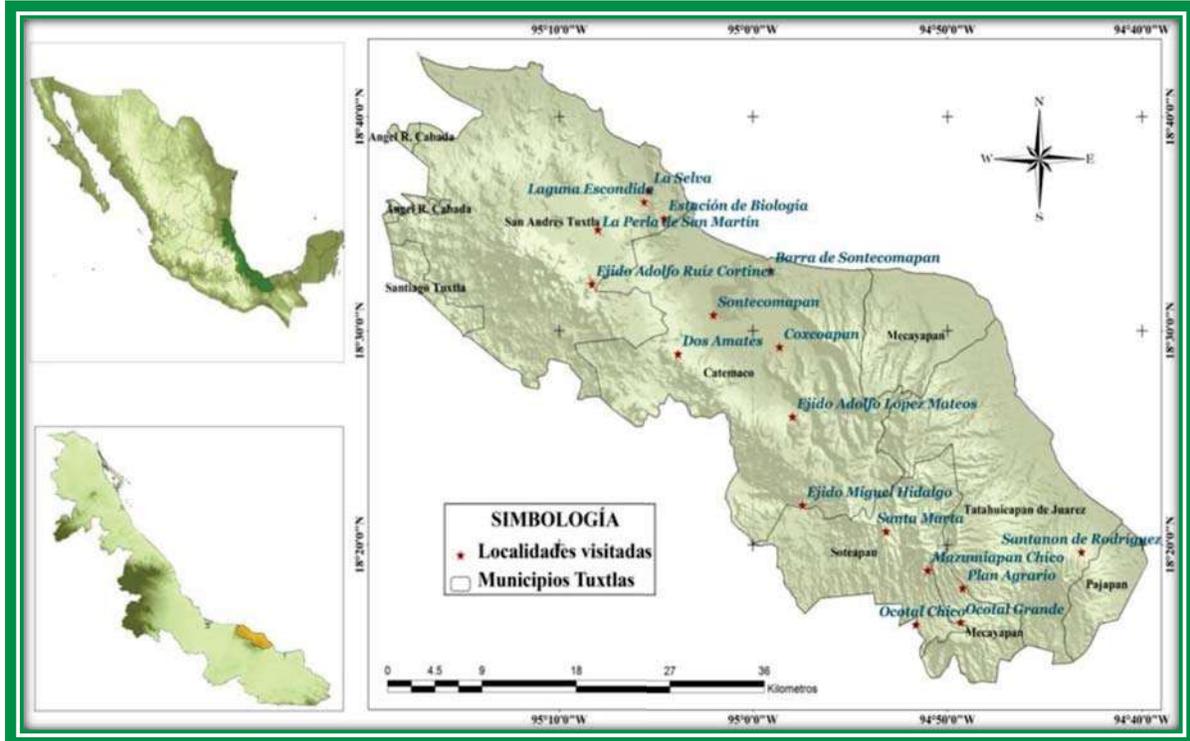


Figura 1. Mapa de ubicación de la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Veracruz, donde se muestran las localidades visitadas.

Geología

La región de los Tuxtlas es una cordillera cuya formación inicia en el Oligoceno, por actividad intensa volcánica que influyó en la formación de diferentes estructuras tales como volcanes, cerros, acantilados y lagos (CONANP SEMARNAT 2006). Se reconocen siete volcanes de importancia: el volcán de San Martín Tuxtla, Cerro de Santa Marta, El Campanario en la Sierra Yohualtajapan, Mono Blanco, San Martín Pajapan, El Vigía y Cerro Blanco, así como cerca de 300 conos pequeños (Guevara *et al.* 2004). El vulcanismo ha producido principalmente basaltos y basanitas. La lava, cenizas y otros piroclastos cubren casi toda el área, aunque también se presentan afloramientos de sedimentos marinos

del Terciario, representados por arenas y areniscas calcáreas de la formación Filisola, que se observan en acantilados y las arcillas de la formación Concepción superior e inferior, que se encuentran en topografías suaves. Derrames de lava más recientes rellenaron los lechos de ríos, formando saltos y cascadas. Por otro lado, las cenizas volcánicas que tienen una distribución amplia para el este y noreste de San Andrés Tuxtlas, produjeron una topografía de lomeríos suaves (Guevara *et al.* 2004, García-Aguirre *et al.* 2010).

Edafología

Los suelos presentes en la Región de los Tuxtlas son producto de la alteración del material volcánico expulsado de los volcanes San Martín Tuxtla, Santa Marta y San Martín Pajapan (Guevara *et al.* 2004). De los tipos de suelo presentes en el área solo se reconocen nueve grupos principales: Andosol, Feozem, Luvisol, Acrisol, Cambisol, Nitosol, Regosol y Litosol, que van de suelos considerados jóvenes o de reciente formación, construidos por capas delgadas, hasta muy profundos, fértiles, con materia orgánica y ácidos, aunque la mayoría presenta problemas de erosión (Guevara *et al.* 2004, CONANP SEMARNAT 2006). El volcán de San Martín que es un sitio de transición y el más joven de la región; presenta andosoles que ocupan un área de 689 km². Los suelos Acrisoles ocupan un área de 360 km², 760 km² los Luvisoles y los Cambisoles 65 km². Estos tipos de suelos se encuentran en la porción más antigua de la región, que es Santa Marta y el Volcán San Martín Pajapan (CONANP SEMARNAT 2006).

La parte sur de la Reserva presenta vertisoles y feozems, que ocupan una superficie de 425

y 588 km², en las partes planas. En las zonas cercanas a la costa se presentan dunas y áreas con hidromorfismo, en la que se observan los regosoles, ocupando una superficie de 13 km² (CONANP SEMARNAT 2006).

Hidrología

En Los Tuxtlas se establecen tres principales vertientes: hacia el norte, ríos y arroyos que vierten sus aguas directamente al Golfo de México o indirectamente a través de la laguna costera de Sontecomapan; otra vertiente es la del sureste, donde algunos ríos y arroyos descienden del volcán Santa Marta y desembocan en el río Coatzacoalcos y otros desde el volcán San Martín Pajapan hacia la laguna costera del Ostión. La última vertiente es la de mayor superficie, forma parte de la gran cuenca del Papaloapan y vierte sus aguas hacia el sur y suroeste de la sierra (Martín del Pozo 1997).

Clima

Los Tuxtlas presentan varios tipos de climas determinados por la orografía. Según la clasificación climática de Köppen modificada por García (1981), los climas de la región corresponden al grupo A, denominado cálido húmedo que se caracteriza por que la temperatura media anual es mayor de 22°C y la media del mes más frío superior a los 18°C (Soto y Gama 1997, CONANP SEMARNAT 2006).

Temperatura

En la Reserva las temperaturas más altas van de los 27 a 36 °C y las más bajas de 8 a 18°C. En general se identifican dos zonas térmicas: La cálida en las zonas bajas de la región,

con una temperatura media anual entre los 22 y 26 °C y una altitud por debajo de los 1000 msnm y la semicálida en áreas intermedias y partes altas por arriba de los 1000 msnm y temperaturas que van de los 18 a los 22 °C (CONANP SEMARNAT 2006).

Precipitación

La región de estudio presenta lluvias en verano, aunque dependiendo de la temporada de huracanes, se puede extender hasta el otoño. Debido a que está influenciada por la exposición a las vertientes, donde es posible un mosaico de variaciones o gradientes de humedad, en Los Tuxtlas, los valores máximos de precipitación van de 1500 a 4500 mm anuales y los valores más bajos, en el suroeste de la región alcanzan valores por debajo de los 100 msnm que corresponde a la cortina de las montañas. Hacia las faldas de las montañas, los valores se elevan hasta 2000 mm anuales en promedio, mientras que en las pendientes de las montañas los valores son de 2500 a 3500 mm anuales y en zonas más elevadas y expuestas los valores van de 4000 a 4500 mm anuales (CONANP SEMARNAT 2006). La precipitación máxima se registra en septiembre, debido a ciclones que se presentan en la zona, mientras que los valores mínimos se reportan en abril y marzo (CONANP SEMARNAT 2006).

Vegetación

El tipo de vegetación dominante y que originalmente ocupaba más del 75% de su superficie, es la selva alta perennifolia (Miranda y Hernández 1963), o bosque tropical

Diagnóstico de las especies de Tinamidae y Cracidae, en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz

perennifolio (Rzedowski 1978). Además de presentar bosque caducifolio, encinar, manglar, sabanas, selva alta perennifolio, selva baja perennifolia, selva mediana subcaducifolia, pinar y vegetación costera en menor proporción (Sousa 1968, Ibarra-Manríquez *et al.* 1997, Guevara *et al.* 2004 y CONANP SEMARNAT 2006).

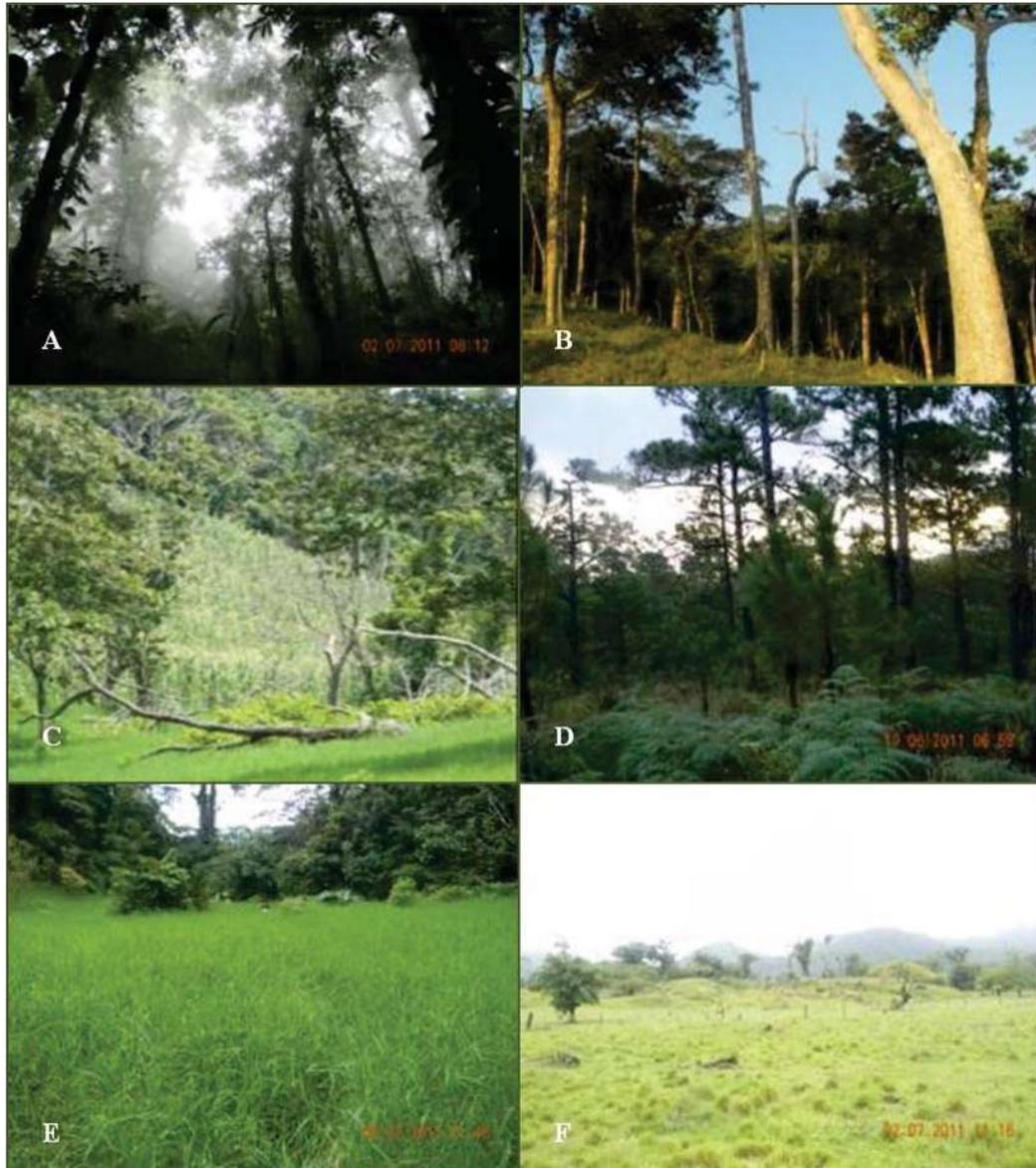


Figura 2. Tipos de vegetación presentes en el área de estudio. A) bosque mesófilo de montaña, B) bosque tropical perennifolio C) bosque de pino-encino, D) cultivos, E) vegetación secundaria, F) potreros.

Descripción de los tipos de vegetación

a) Bosque tropical perennifolio o selva alta perennifolia

Crece en suelos litosoles rojos arcillosos, de derrames lávicos, regosoles de ceniza volcánica y aluviales. Se encuentra desde el nivel del mar hasta los 700 m aun que en algunas cañadas hasta los 1000 m. Este bosque (Figura 2, inciso B) se caracteriza por que su dosel alcanza 30 ó más metros de altura. (Guevara *et al.* 2004, CONANP SEMARNAT 2006). Las especies de dosel que destacan: *Lonchocarpus cruentus*, *Dussia mexicana*, *Ormosia panamensis*, *Nectandra ambigens*, *Brosimum alicastrum*, *Poulsenia armata*, *Clarisia biflora*, *Ceiba pentandra*, *Bernoullia flammea*, *Spondia radlkoferi*, *Bursera simaruba* (Ibarra-Manríquez *et al.* 1997 y Guevara *et al.* 2004).

b) Bosque mesófilo de montaña

Este bosque se encuentra por arriba de los 1000 m, pero entre los 800 y 1100 m de altitud existe una zona de transición entre la selva alta, selva mediana y el bosque mesófilo (Figura 2, inciso A). En las zonas altas de Santa Marta, San Martin Pajapan y San Martin Tuxtla se encuentran árboles de *Liquidambar styraciflua*, *Quercus skinneri* *Clethra*, *Carpinus*, *Ulmus*, *Quercus*, *Juglans olanchana*, *Nectandra salicifolia*, *Podocarpus* y *Engelhardtia*, helechos arborescentes *Sphaeropteris*, *Cyathea* y *Alsophila* (Guevara *et al.* 2004).

c) Bosque de encino

Existen dos variantes de este bosque, el semicálido y el cálido (Sousa 1968). El encinar semicálido lo consideran como parte del bosque mesófilo de montaña. Al sur de Santa

Marta, entre los 700 y 1200 m existe una notable abundancia de encinos (*Quercus spp*). En el Cerro El Vigía a los 860 m de altitud se encuentra un manchón de encinar semicálido (Guevara *et al.* 2004). Este encinar cálido se encuentra entre los 100 y 600 m de altitud al sur del cerro de Santa Marta y se caracteriza por tener encinos de diferentes especies que forman un dosel entre los 15 y 20 m de alto. En ellos se encuentran *Quercus conspersa*, *Q. glaucescens*, *Q. oleoides* y *Q. peduncularis* (Guevara *et al.* 2004).

d) Bosque de pino

El bosque de pino (Figura 2, inciso C) se encuentra únicamente al sur de Santa Marta de los 500 hasta 900 m de altitud, en suelos lateríticos viejos y pobres. Dentro de su límite altitudinal inferior se mezcla con el encinar cálido y algunas porciones de selva alta y mediana, mientras que en el superior limita y se mezcla con bosque mesófilo. Este bosque solo presenta una especie de pino: *Pinus oocarpa*. (Guevara *et al.* 2004).

e) Acahual

Purata (1986) considera tres categorías de acahual (Figura 2, inciso E): acahual de selva, acahual de bosque mesófilo y acahual de encinar cálido. Su composición florística es muy variable y depende de la influencia de la vegetación circundante, en especial de la selva o del bosque, la presencia de semillas, frutos y tocones, así como del tiempo de abandono (Guevara *et al.* 2004). Las especies características del acahual de monte bajo son: *Myriocarpa longipes*, *Urera caracasana*, *Cecropia obtusifolia*, *Lonchocarpus guatemalensis*, *Eupatorium galeotti* *Solanum* y *Piper* (Guevara *et al.* 2004).

El monte alto tiene un mayor número de especies donde destacan las arbóreas: *Trema micrantha*, *Rheedia edulis*, *Manilkara sapota*, *Didymopanax sp.*, *Ochroma pyramidale*, *Robinsonella mirandae*, *Pseudolmedia oxyphylaria*, *Ficus yoponensis*, *Calophyllum brasiliense*, *Trophis mexicana* y *Ocotea dendrodaphne*. Se pueden encontrar algunas palmas de *Astrocaryum mexicanum*, *Bactris mexicana* y *Chamaedorea sp.* (Guevara *et al.* 2004).

f) Potreros

Los potreros (Figura 2, inciso F) incluyen tres categorías: potreros sin árboles, potreros con árboles y potreros con cultivos pequeños dispersos, principalmente maíz o frutas. Presentan una gran riqueza de especies propiciadas por su extensión, por el contacto de otros elementos del paisaje, la influencia del arbolado, la humedad del terreno, el efecto del ramoneo y uso de fertilizantes, insecticidas, herbicidas, corte de vegetación y tipo de pasto. Las familias con su correspondiente número de especies son: *Asteraceae* (26 especies), *Poaceae* (24), *Leguminosae* (20), *Euphorbiaceae* (16), *Rubiaceae* (10), *Cyperaceae*, *Solanaceae* y *Thelipteridaceae* (7) (Guevara *et al.* 2004).

j) Cultivos

Los cultivos (Figura 2, inciso D) se encuentran en terrenos planos, de suelos profundos y con mejores vías de comunicación, en el caso de cultivos de caña de azúcar al noreste del Volcán San Martín Tuxtla y el de tabaco entre San Andrés Tuxtla y Catemaco. Por la carretera hacia Acayucan son comunes los cultivos perennes de mango, plátano, aguacate, y

cítricos. Mientras que el cultivo de café bajo sombra de dosel de selva o acahual se encuentra al sur del Lago de Catemaco y en la sierra de Santa Marta (Guevara *et al.* 2004).

Diseño del muestreo de campo

Se realizó una selección de once fragmentos de los tipos de vegetación presentes en el área de estudio, a partir de un mapa de vegetación de la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas (CONANP SEMARNAT 2006). La selección se realizó tomando en cuenta dos aspectos: 1) que representaran las tres áreas núcleo de la reserva y 2) que fueran los tipos de vegetación en los que la literatura menciona que se encuentran las especies de estudio (Leopold 1959, Howell y Webb 1995, AOU 1998, Cracidae Specialist Group 1999). A cada fragmento se le asignó un número para los seis diferentes tipos de vegetación: bosque mesófilo de montaña (1 y 2), bosque tropical perennifolio (3, 4 y 5), bosque de pino-encino (6), bosque de pino (7), agricultura (8 y 10) y pastizales (9 y 11). Dentro de los fragmentos, se visitaron 17 localidades donde se realizaron los muestreos de campo (Figura 3).

Diagnóstico de las especies de Tinamidae y Cracidae, en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz

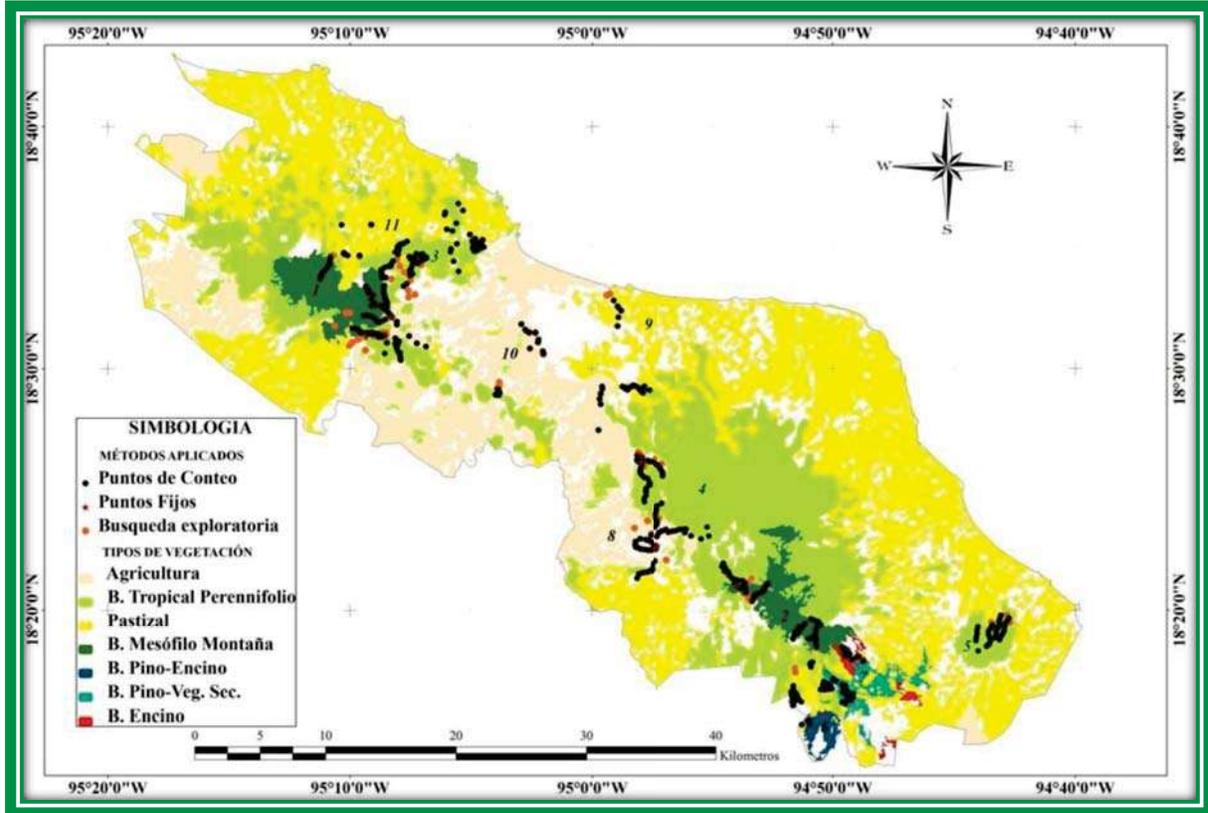


Figura 3. Mapa que muestra los métodos aplicados (puntos de color) y los tipos de vegetación presentes (en color y los fragmentos en números) en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas.

De las 17 localidades visitadas, ocho se ubicaron sobre bosque tropical perennifolio (BTP), cuatro en bosque mesófilo de montaña (BMM), tres en bosque de pino-encino (BPE) y tres para zonas abiertas (ZA) en las cuales se monitorearon cercas vivas, cultivos, vegetación secundaria y árboles dispersos (Cuadro 1). Se determinaron tres áreas conservadas (BMM, BPT y BPE) y cuatro como áreas perturbadas (BMM-PERT, BTP-PERT, BPE-PERT y Z.A).

Trabajo de campo

El trabajo de campo se llevó a cabo en el período de marzo-mayo del 2010 y marzo-julio 2011. En las 17 localidades de muestreo se realizaron en total 472 puntos de conteo.

Se aplicaron tres métodos de muestreo para el monitoreo de las especies:

1. Puntos de conteo (sin radio fijo) cada 250 m con una duración de diez minutos en cada punto. Los monitoreos se llevaron a cabo de 06:30 a 11:30 am que es el período de mayor actividad de las aves. El número de puntos de conteo realizados vario de 4 a 10 por día (Hamel *et al.* 1996, Ralph *et al.* 1996). Las observaciones y vocalizaciones obtenidas entre un punto de conteo y otro también fueron documentadas. En los diferentes puntos de muestreo se tomaron los datos correspondientes de tipo de vegetación, altura de dosel, especies observadas, número de individuos, duración de la observación, distancia de las aves (distancia del observador al ave), hora, fecha y las coordenadas geográficas del punto de observación.
2. Puntos fijos, de los cuales solo se realizaron cuatro, por que no existían puntos altos con las características que requiere el método.
3. Búsquedas exploratorias que consistían en recorridos matutinos (entre 7:00 y 12:00 del día) o vespertinos (entre 13:00 y 18:30), de uno a tres kilómetros en rutas diferentes cada vez, en las observaciones y vocalizaciones se consideraron los mismos datos señalados en el método de puntos de conteo. En todos los casos, para

la ubicación de caminos y rutas a las localidades de estudio se utilizó cartografía de INEGI, las cartas utilizadas fueron E15A63, E15A64, E15A73 y E15A74.

X. ANÁLISIS DE DATOS

Abundancia de las especies

Para el análisis de abundancia se consideraron todos los individuos obtenidos en campo, por tipo de vegetación y se calculó de la siguiente manera:

$$ABUNDANCIA = \frac{\# \text{ Ind en cada tipos de veg}}{\# \text{ puntos realizados en tipo de veg}} * 100 \text{ PC}$$

En donde:

Ind= individuos

Veg. = vegetación

PC = puntos de conteo

XI. RESULTADOS

En total se realizaron 472 puntos de conteo en los que se verificó la presencia de tres de las cuatro especies de tinámidos reportados para la región de los Tuxtlas que fueron: *Tinamus major*, *Crypturellus cinnamomeus*, *C. boucardi*: la especie no registrada fue *C. soui*. En el caso de la familia Cracidae se encontraron las tres especies reportadas: *Crax rubra*, *Penelope purpurascens* y *Ortalis vetula*.

a) Localidades de presencia

Las tres especies de tinámidos que se registraron para la reserva, no estuvieron presentes en bosque de pino-encino (BPE) pero si en los demás tipos de vegetación. En el caso de *T. major* y *C. boucardi*, estas se registraron en BTP, BMM y ZA, ambas especies tuvieron el mayor número de registro de localidades (6 y 7), mientras que *C. cinnamomeus* se observó sólo en BTP y en cuatro localidades. En el caso de los crácidos, *O. vetula* se registró en todos los tipos de vegetación y en 14 localidades, seguida de *C. rubra* presente en sólo 6 localidades y tres tipos de vegetación (BTP, BMM y ZA), pero no en BPE; mientras que *P. purpurascens* sólo se registro en BMM y BTP.

Diagnóstico de las especies de Tinamidae y Cracidae, en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz

Cuadro 1. Matriz de presencia de las especies en los diferentes tipos de vegetación en las localidades visitadas, con su ubicación geográfica.

TIPOS VEG.	LOCALIDADES	COORDENADAS	TIMA	CRCI	CRBO	CRRU	PEPU	ORVE
BTP	E. de Biología	N18°34' W95° 04'	1	1	0	1	0	1
	Dos Amates	N18°29' W95° 03'	0	0	1	0	0	0
	La Perla de S. Martín	N18°34' W95° 08'	1	0	1	1	1	1
	La Selva	N18 36' W 95° 05'	0	0	0	0	0	1
	Laguna Escondida	N18°34' W95° 05'	0	1	0	0	0	1
	Barra de Sontecomapan	N18°32' W94°59'	0	0	0	0	0	1
	Santanon de Rodríguez	N18°19' W94°43'	1	1	1	1	0	1
	E. Ad. López Mateos	N18°25' W94°57'	1	1	1	1	0	1
	Mazumiapan Chico	N18°18' W94°51'	0	0	0	0	0	0
BMM	E. Adolfo Ruíz C.	N18°32' W95°08'	0	0	1	1	1	1
	Santa Marta	N18°20' W94°53'	1	0	1	0	0	1
BPE	Ocotal Grande	N18°16' W94°49'	0	0	0	0	1	1
	Plan Agrario	N18°17' W94°49'	0	0	0	0	0	0
	Ocotal Chico	N18°16' W94°51'	0	0	0	0	0	1
Z.A	Sontecomapan	N18°31' W95°02'	0	0	0	0	0	1
	Ejido Miguel Hidalgo	N18°23' W94°55'	1	0	1	1	0	1
	Coxcoapan	N18°29' W94°59'	0	0	0	0	0	1
	TOTAL		6	4	7	6	3	14

Especies familia Tinamidae: TIMA (*Tinamus major*), CRCI (*Crypturellus cinnamomeus*), CRBO (*Crypturellus boucardi*), familia Cracidae: CRRU (*Crax rubra*), PEPU (*Penelope purpurascens*), ORVE (*Ortalis vetula*). Tipos de vegetación: BTP (bosque tropical perennifolio), BMM (bosque mesófilo de montaña), BPE (bosque de pino-encino), Z.A (zonas abiertas).

b) Registros por métodos aplicados

En total se obtuvieron 258 registros, de los cuales 40 registros fueron visuales y 218 auditivos. Del total, 200 registros (77.3%) se obtuvieron por puntos de conteo; mientras que en el reconocimiento del terreno o búsquedas exploratorias se generaron 54 registros (21.1%) y 4 registros (1.6%) en puntos fijos.

Para la familia Tinamidae se obtuvieron 138 registros y 141 individuos, en donde *C. boucardi* (CRBO) fue la especie con el mayor número de registros e individuos en los tres métodos aplicados (Cuadro 2), mientras que en las otras dos especies se obtuvieron sólo 4 y 5 registros e individuos.

Cuadro 2. Número de registros e individuos para las especies de la familia Tinamidae en los cuatro métodos aplicados en el área de estudio.

MÉTODOS	TIMA		CRCI		CRBO	
	Reg.	Ind.	Reg.	Ind.	Reg.	Ind.
BÚSQUEDA	4	4	2	2	22	23
EXPLORATORIA						
PUNTOS DE CONTEO	7	7	13	14	86	87
PUNTO FIJO	0	0	0	0	4	4
TOTAL	11	11	15	16	112	114

Especie: TIMA (*Tinamus major*), CRCI (*Crypturelus cinnamomeus*), CRBO (*Crypturellus boucardi*).

Para la familia Cracidae se obtuvieron en total 120 registros y 145 individuos, en los tres métodos aplicados, de los cuales, *O. vetula* fue la especie que tuvo el mayor número de registros de individuos (84) por puntos de conteo (67) (Cuadro 3).

Diagnóstico de las especies de Tinamidae y Cracidae, en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz

Cuadro 3. Número de registros e individuos para las especies de la familia Cracidae en los cuatro métodos aplicados en el área de estudio.

MÉTODOS	CRRU		PEPU		ORVE	
	Reg.	Ind.	Reg.	Ind.	Reg.	Ind.
BÚSQUEDA	9	9	5	8	12	15
EXPLORATORIA						
PUNTOS DE CONTEO	11	11	16	18	67	84
PUNTO FIJO	0	0	0	0	0	0
TOTAL	20	20	21	26	79	99

Nombre de las especies: CRRU (*Crax rubra*), PEPU (*Penelope purpurascens*), ORVE (*Ortalis vetula*).

c) Registros de especies en áreas conservadas y perturbadas.

Las especies de la familia Tinamidae se registraron en dos áreas conservadas (BMM y BPT) y en tres áreas perturbadas (BMM-PERT, BTP-PERT y ZA). En general, todas las especies se registraron en los tipos de vegetación conservada. Sin embargo, *C. boucardi* fue la especie que tuvo el mayor número de registros en condiciones conservadas (BTP y BMM), con 53 individuos en 50 puntos (Figura 4).

Diagnóstico de las especies de Tinamidae y Cracidae, en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz

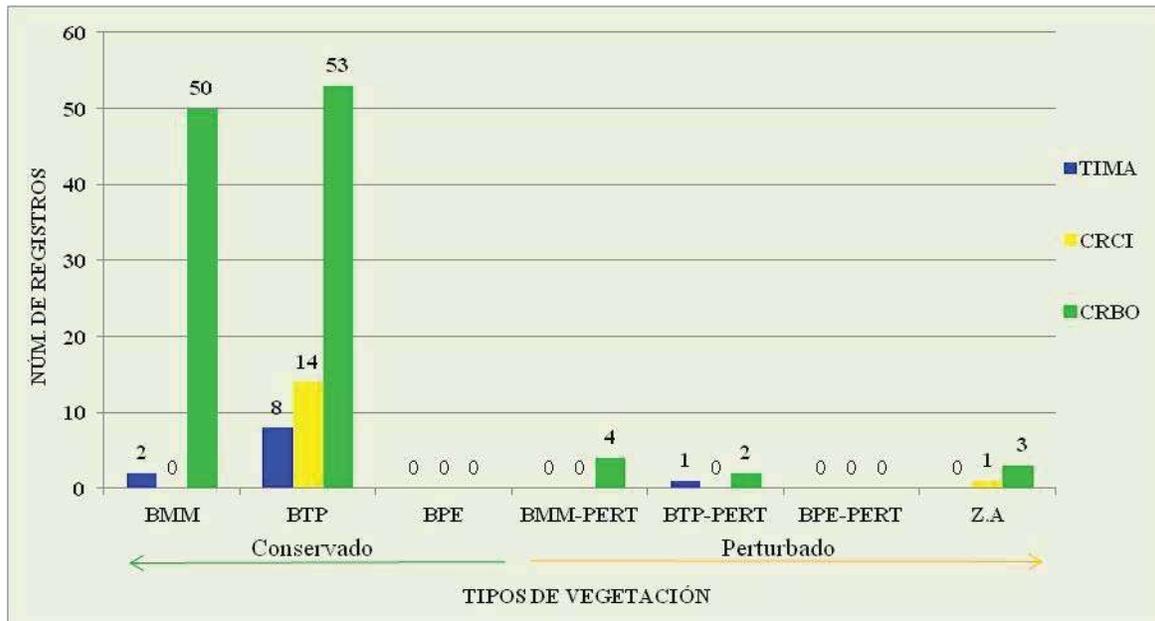


Figura 4. Número de registros en los diferentes tipos de vegetación para especies de la familia Tinamidae.

Tipos de vegetación: BMM (bosque mesófilo de montaña), BTP (bosque tropical perennifolio), BP (bosque de pino), BPE (bosque de pino-encino), ZONAS ABIERTAS (pastizal, árboles dispersos, agricultura, cercas vivas), BMM-PERT (bosque mesófilo de montaña perturbado), BPE-PERT (bosque de pino-encino perturbado) y BTP-PERT (bosque tropical perennifolio perturbado).

La familia Cracidae se registró en ocho tipos de vegetación, tres conservados (BMM, BTP y BPE) y cuatro perturbados (BMM-PERT, BTP-PERT, BPE-PERT y Z.A.). La especie *Ortalis vetula* fue la que mayor número de registros tuvo en bosque tropical perennifolio, seguido del bosque tropical perennifolio perturbado. En el caso de *Crax rubra*, esta se registró en sólo dos tipos de vegetación conservados (Figura 5).

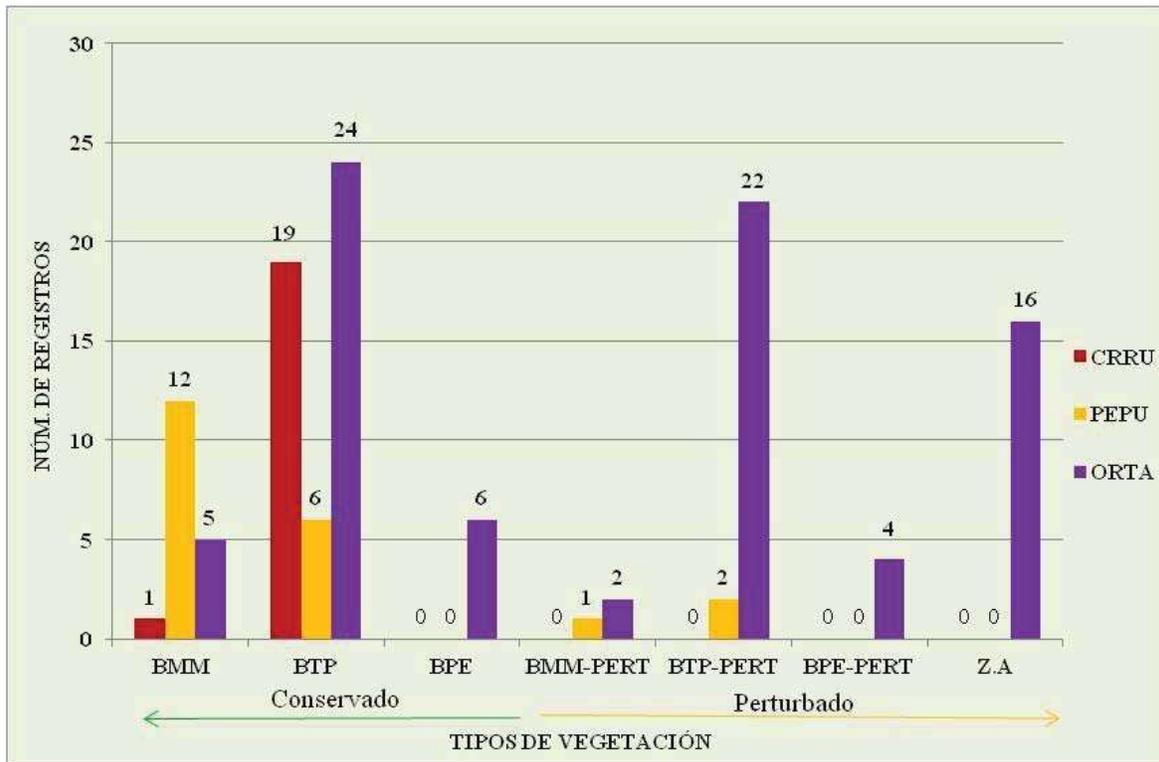


Figura 5. Número de registros en los diferentes tipos de vegetación para especies de la familia Cracidae.

Tipos de vegetación: BMM (bosque mesófilo de montaña), BTP (bosque tropical perennifolio), BP (bosque de pino), BPE (bosque de pino-encino), ZA (pastizal, árboles dispersos, agricultura, cercas vivas), BMM-PERT (bosque mesófilo de montaña perturbado), BPE-PERT (bosque de pino-encino perturbado) y BTP-PERT (bosque tropical perennifolio perturbado). Nombre de las especies: CRRU (*Crax rubra*), PEPU (*Penelope purpurascens*), ORVE (*Ortalis vetula*).

d) Registros por rango altitudinal.

En la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, el intervalo altitudinal va desde los 0 msnm hasta los 1690 msnm. Dentro de ese intervalo se registraron las especies *C. boucardi*, que se observó en más de la mitad de las localidades visitadas en un intervalo de 200 a 1200 msnm, concentrándose en el intervalo de los 1000 a los 1200 msnm. Por otro lado, *C. cinnamomeus* sólo se observó entre los 0 y 600 msnm (Figura 6).

Diagnóstico de las especies de Tinamidae y Cracidae, en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz

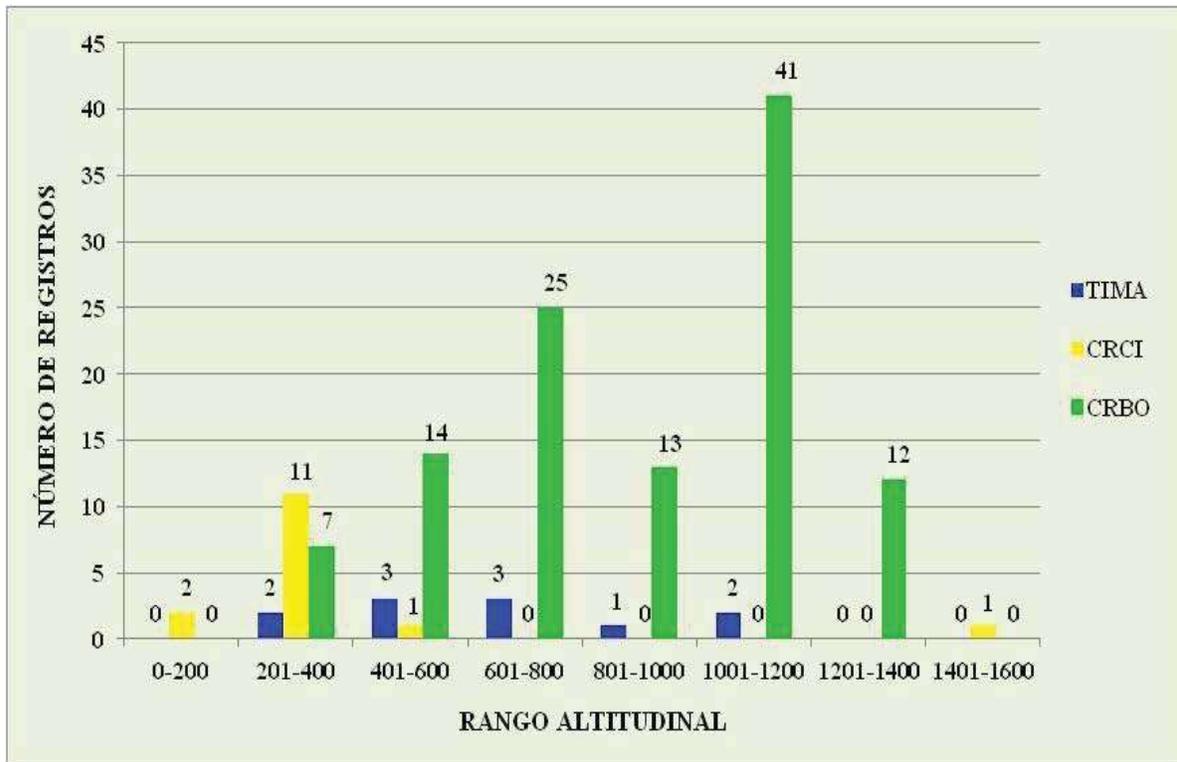


Figura 6. Número de registros por altitud para cada especie de tinámidos en la Reserva de Los Tuxtlas.

Nombre de las especies: TIMA (*Tinamus major*), CRCI (*Crypturelus cinnamomeus*), CRBO (*Crypturellus boucardi*).

La especie de *C. rubra* se registró en seis localidades en un rango altitudinal de 200 a 1200 msnm, pero sus registros se concentran entre los 200 y 800 msnm. En lo referente a *P. purpurascens*, esta sólo se registró en tres localidades, dentro de un intervalo de 400 a 1200 msnm. Para *O. vetula*, esta se registró en 14 localidades, en el intervalo de 0 a 1600 msnm, siendo la que ocupaba el mayor rango altitudinal (Figura 7).

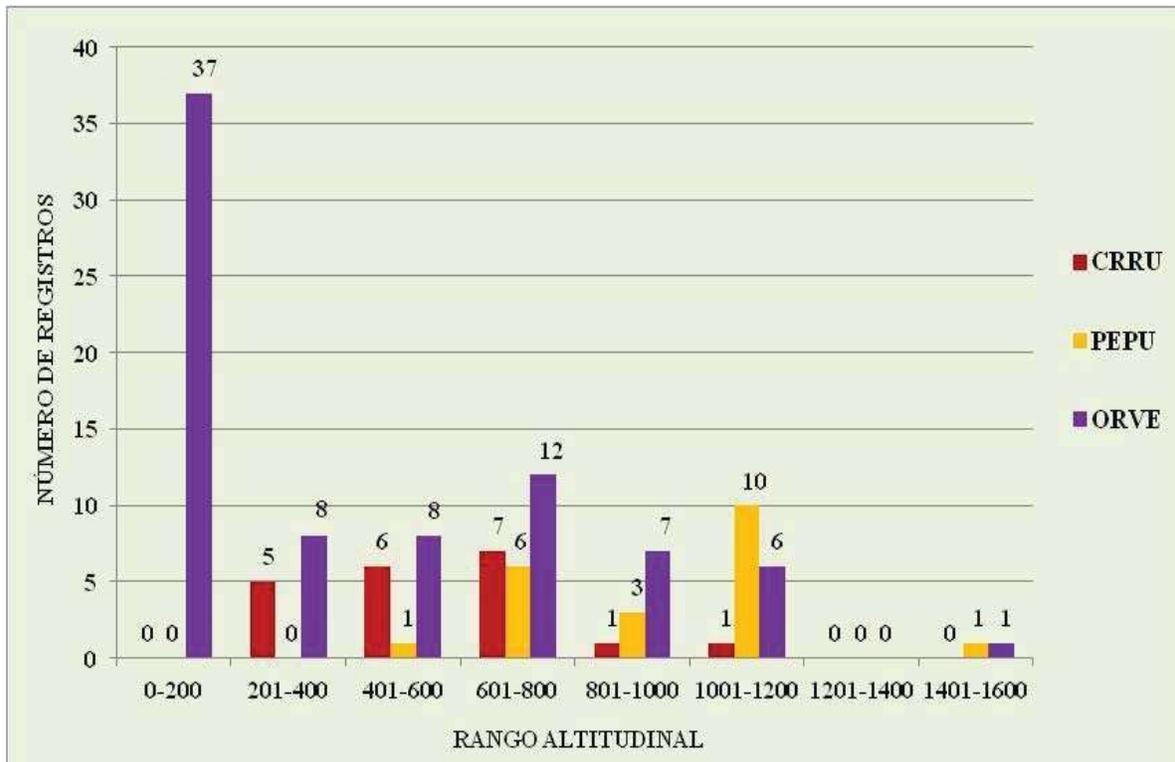


Figura 7. Número de registros por altitud para cada especie de crácidos en la Reserva de Los Tuxtlas.

Nombre de las especies: CRRU (*Crax rubra*), PEPU (*Penelope purpurascens*), ORVE (*Ortalis vetula*).

e) Abundancias por tipo de vegetación.

Las abundancias de la familia Tinamidae van de 0.7 a 28.1 ind/100 puntos de conteo. Para las especies *T. major* y *C. cinnamomeus* sólo se obtuvieron abundancias para dos tipos de vegetación, destacando el bosque tropical con 3 y 7.8 ind/100 puntos, mientras que *C. boucardi* se registró en cinco tipos de vegetación, destacando las abundancias para bosque tropical y mesófilo de montaña, que fueron de 28.1 y 27.8 ind/100 puntos de conteo, respectivamente (Cuadro 4).

f) Puntos de registro de las especies de Tinamidae

Diagnóstico de las especies de Tinamidae y Cracidae, en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz

Los puntos de registro de las tres especies de la familia Tinamidae (Fig. 8) se concentra en las tres zonas núcleo de la reserva, la especie con mayor número de registros (112 registros) *C. boucardi* (concentrados en el Volcán de San Martín Tuxtlas) y con menor observaciones *C. cinnamomeus*, así como *T. major*.

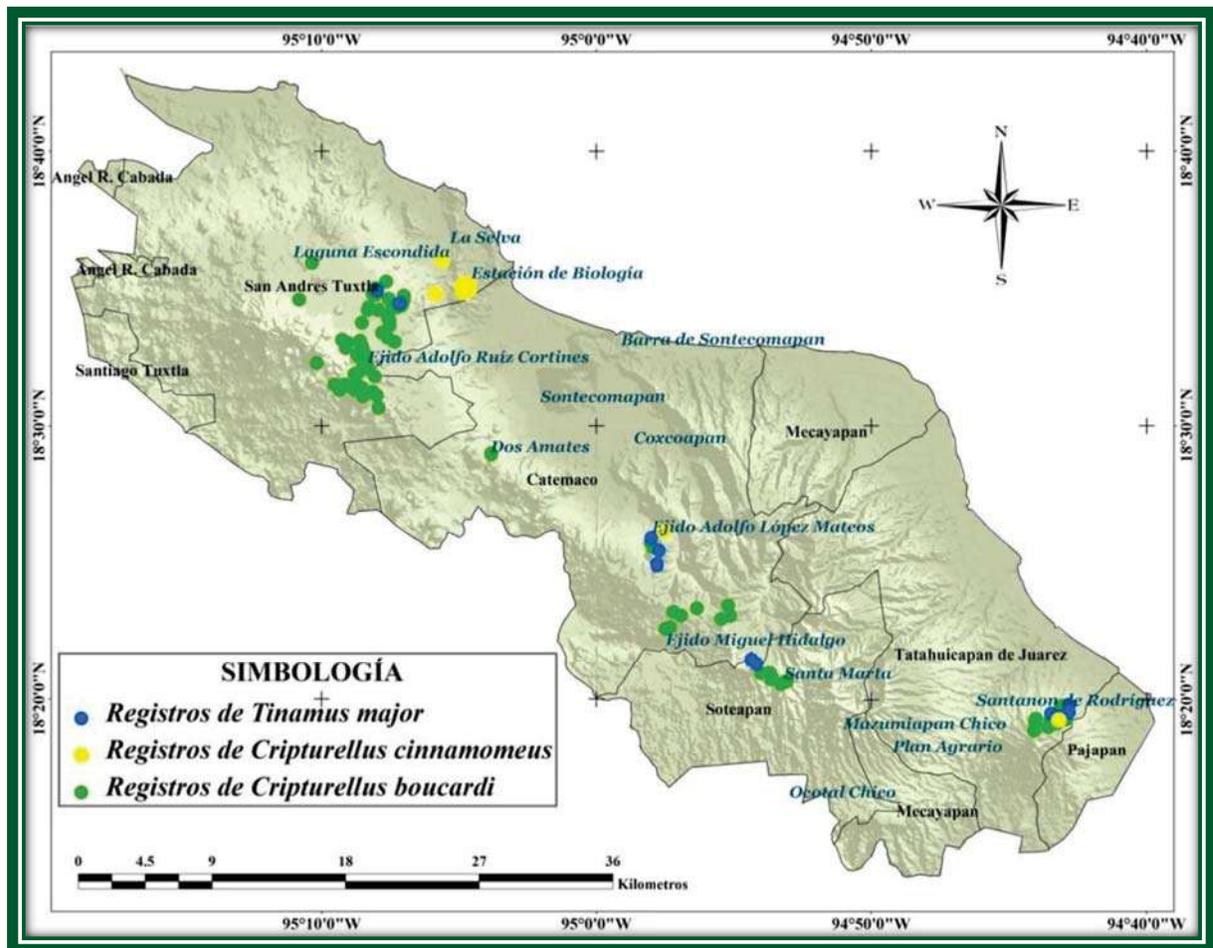


Figura 8. Mapa que muestra los registros obtenidos en campo para cada especie de tinámidos en la Reserva de las Tuxtlas.

g) Puntos de registros de las especies de Cracidae.

Diagnóstico de las especies de Tinamidae y Cracidae, en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz

Los puntos de registro de las tres especies de Cracidae (Fig. 9) se observa que *C. rubra* se encuentra en tres zonas cerca de las áreas núcleo, mientras que *P. purpurascens* tuvo mayor número de registros en el Volcán de San Martín Tuxtla y *O. vetula* es la especie que se encuentra mejor distribuida dentro de la reserva.

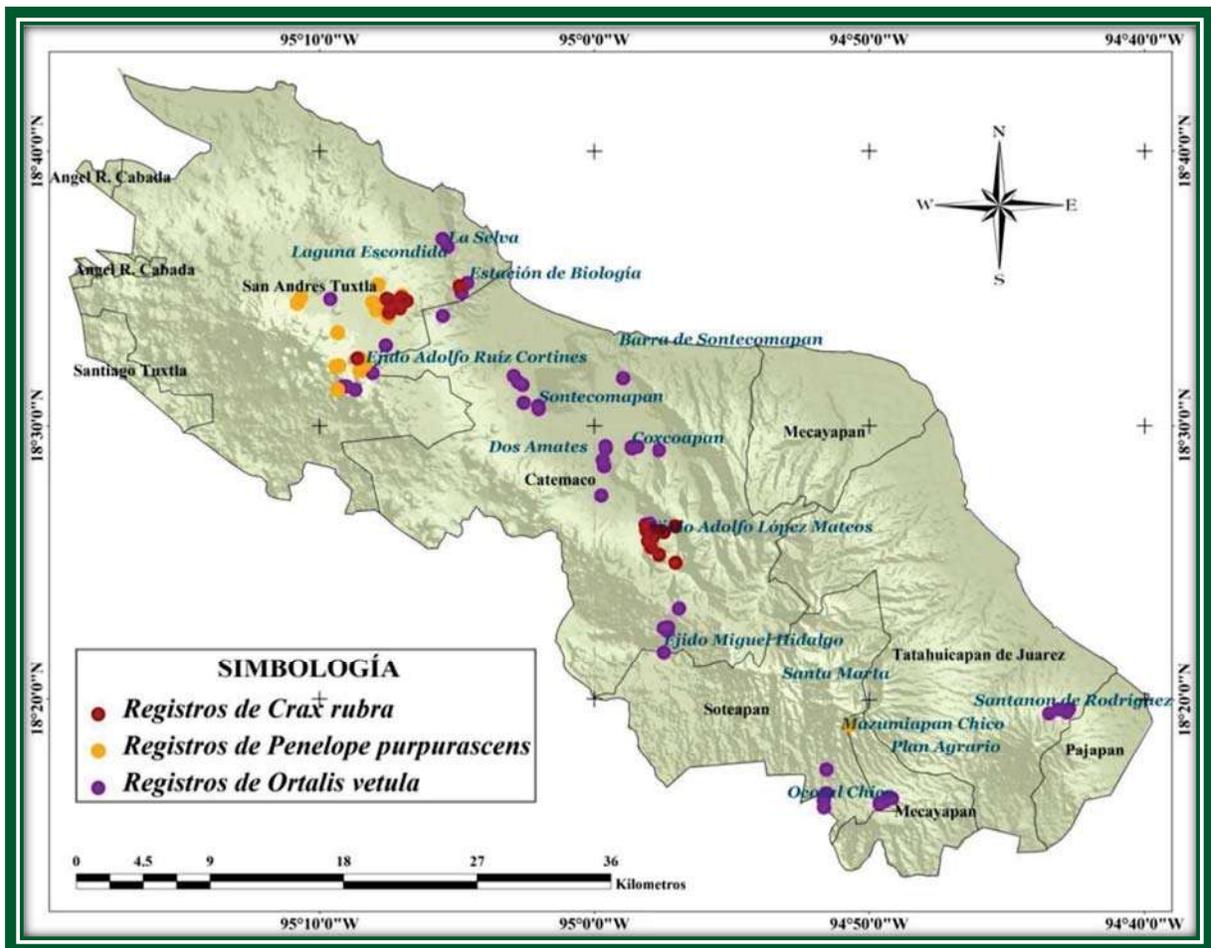


Figura 9. Mapa que muestra los registros obtenidos en campo para cada especie de crácidos en la Reserva de Los Tuxtlas.

Diagnóstico de las especies de Tinamidae y Cracidae, en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz

Cuadro 4. Abundancias de las especies de la familia Tinamidae expresadas en número de individuos en 100 conteos, por tipo de vegetación.

TINAMIDAE			
TIPOS DE VEGETACION	TIMA	CRCI	CRBO
BMM (n=128)	0.7	0	28.1
BMM-PERT (n=13)	0	0	7.69
BTP (n=165)	3	7.8	27.8
BTP-PERT (n=50)	0	0	2
BPE (n=38)	0	0	0
BPE-PERT (n=7)	0	0	0
Z.A (n=71)	0	1.4	2.8

Tipos de vegetación: BMM (bosque mesófilo de montaña), BTP (bosque tropical perennifolio), BP (bosque de pino), BPE (bosque de pino-encino), ZONAS ABIERTAS (pastizal, árboles dispersos, agricultura, cercas vivas), BMM-PERT (bosque mesófilo de montaña perturbado), BPE-PERT (bosque de pino-encino perturbado) y BTP-PERT (bosque tropical perennifolio perturbado). Nombre de las especies: TIMA (*Tinamus major*), CRCI (*Crypturelus cinnamomeus*), CRBO (*Crypturellus boucardi*).

Las abundancias de las especies de la familia Cracidae en los diferentes tipos de vegetación van de 0.21 a 44 ind/100 puntos de conteo por tipo de vegetación. La especie de *C. rubra* sólo se registró en bosque tropical con una abundancia de 6.6 ind/100 puntos de conteo. La especie *P. purpurascens* se registró en tres tipos de vegetación y fue más abundante en bosque mesófilo y mesófilo perturbado con 7.6 ind/100 puntos de conteo. En el caso de *O. vetula*, esta se registró en los siete tipos de vegetación, pero fue más abundante en el bosque tropical perturbado con 44 ind/100 puntos de conteo (Cuadro 5).

Diagnóstico de las especies de Tinamidae y Cracidae, en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz

Cuadro 5. Abundancias de las especies de la familia Cracidae expresadas en número de individuos en 100 conteos por tipo de vegetación.

TIPOS DE VEGETACION	CRACIDAE		
	CRRU	PEPU	ORVE
BMM (n= 128)	0	7.6	3.1
BMM-PERT (n=13)	0	7.69	7.6
BTP (n= 165)	6.6	4.3	0.21
BTP-PERT (n= 50)	0	0	44
BPE (n=38)	0	0	10
BPE-PERT (n= 7)	0	0	14.28
Z.A (n= 71)	0	0	21.1

Tipos de vegetación: BMM (bosque mesófilo de montaña), BMM-PERT (bosque mesófilo de montaña perturbado), BTP (bosque tropical perennifolio), BTP-PERT (bosque tropical perennifolio perturbado), BPE (bosque de pino-encino), BPE-PERT (bosque de pino-encino perturbado) y ZONAS ABIERTAS (pastizal, árboles dispersos, agricultura, cercas vivas). Nombre de las especies: CRRU (*Crax rubra*), PEPU (*Penelope purpurascens*), ORVE (*Ortalis vetula*).

XII. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Nuestro estudio confirmó la presencia de las especies *Tinamus major*, *Crypturellus cinnamomeus*, *C. boucardi* de la familia Tinamidae y *Crax rubra*, *Penelope purpurascens* y *Ortalis vetula* de la familia Cracidae, de las siete que se reportan para la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas. La única especie que no fue registrada en el estudio fue *C. soui*, de la familia Tinamidae, que se encuentra en la categoría de especie amenazada en la NOM-059-2010; Winker (1997) la reporta como una especie residente y rara que se encuentra en el bosque tropical perennifolio, que en nuestro trabajo fue uno de los hábitat más monitoreado, donde se realizaron los recorridos en horarios en los que la especie podría vocalizar; se visitaron sitios conservados y perturbados. Cabe mencionar que no se aplicó el método del playback, para ver si respondía al llamado, pero en entrevistas con lugareños se encontró que es una especie que no han visto, aunque no queda claro si es porque no la conocen o porque la conocen y ya tienen tiempo de no verla. En definitiva, es una especie muy sigilosa y su vocalización es menos frecuente, en comparación con otras especies, quizá por esta razón, es uno de los cuatro tinamúes de México de los que no se conoce mucho sobre su biología e historia natural (Leopold 1959). Wetmore (1943) registró la especie en zonas bajas boscosas del sur de Veracruz y capturó un par de ejemplares. Paynter (1955), informa que es una especie rara para la Península de Yucatán, (mencionado por Leopold 1959); en Chiapas también se reportada como una especie escasa dentro del bosque tropical caducifolio (Ramírez-Albores 2010).

Sin embargo, en países como Guatemala, Honduras y Colombia, se considera abundante en el borde de bosques tropicales maduros y jóvenes (Anderson *et al.* 2004, Laverde-R 2005, Cereso *et al.* 2009). Por lo anterior, es necesario realizar más estudios de la especie y aplicar diferentes metodologías para mejorar su detección, además de realizar un mayor esfuerzo en campo.

De las especies que se reportaron para la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, *T. major* se registró en seis localidades, en tres tipos de vegetación (BTP, BMM Y Z.A, que se clasificaron como conservados y perturbados), de los cuales se observa un patrón de preferencia por el bosque tropical perennifolio en donde fue más abundante, en comparación con los otros hábitats reportados. Nuestros datos de presencia de la especie coinciden con los reportes de Winker (1997), al igual que *C. soui*, *T. major* es una especie que se encuentra amenazada, por lo cual es muy importante el monitoreo constante, dentro y fuera de la reserva con el apoyo de nuevos métodos para su localización. Aunque estudios realizados en países como Guatemala, es una especie que reportan que habita en el interior del bosque tropical. En Honduras es un tinamido común que se encuentra en bosques maduros (bosque tropical) y jóvenes, al igual que en Colombia (Anderson *et al.* 2004, Laverde-R 2005, Cereso *et al.* 2009). Otro caso es el *C. cinnamomeus*, que tiene una distribución amplia en México y se encuentra en ambas vertientes del país (Leopold 1959, Howell y Webb 1995), la cual esta en la categoría de protección especial en la NOM-059-2010. En el área de estudio sólo se registró en cuatro localidades todas en vegetación de bosque tropical perennifolio, contrario a lo reportado por Winker (1997), quien la menciona como una especie común en áreas abiertas (pastizales, sabanas, matorrales) y en

el bosque tropical caducifolio. En otro estudio realizado por Ramírez-Albores (2010), en Chiapas, se menciona que se encuentra en bosque tropical caducifolio y tropical mediano, con una abundancia irregular. Por otro lado, los registros obtenidos para la zona norte de la reserva, se observaron en el bosque tropical conservado. Se considera que los nuevos registros en zonas abiertas se deben a la deforestación que existe en la zona, lo que ha provocado que los hábitats se fragmenten y las aves tengan que utilizar estos sitios para moverse de un fragmento a otro. Finalmente, *C. boucardi* otra especie que se encuentra en la NOM-059-2010 como amenazada, pero en este estudio fue la más común en comparación con los otros tinamúes. Se registró en siete localidades y en tres tipos de vegetación (BTP, BMM y Z.A), con su mayor abundancia en el bosque tropical perennifolio, seguido del bosque mesófilo de montaña. Esta especie ya estaba reportada para BTP y BMM por (Howell y Webb 1995, Winker 1997), pero no para las zonas abiertas, entre las que se incluyen los pastizales, arboles dispersos, agricultura y cercas vivas, por lo que en este trabajo aportamos registros que amplían el rango de condiciones en las que la especie ha sido normalmente observada. El intervalo de altitud a la que se observó coincide con la distribución de BTP y BMM (Rzedowski 1978), en las tres zonas núcleo de la reserva. Cabe mencionar que ninguna de las especies se registró en bosque de pino-encino.

Con respecto a los crácidos *Crax rubra* especie que se encuentra en la NOM-059-2010 como amenazada y cuyos registros históricos indican una disminución en sus poblaciones por la extracción de madera al norte y sur de las montañas de Los Tuxtlas (Lowery y Dalquest 1951). La especie fue observada en dos tipos de vegetación (BMM y BTP),

mostrando preferencia por el bosque tropical perennifolio, donde sus abundancias son muy bajas, coincidiendo con lo reportado en trabajos anteriores (Winker 1997). Esta especie se registró en un intervalo altitudinal que corresponde a las porciones bajas del BTP. En el caso de *P. purpurascens*, que al igual que *Crax rubra*, está catalogada como especie amenazada (NOM-059-2010), tiene preferencia por el bosque mesófilo de montaña de área conservada y sólo se le registró en tres localidades de la reserva. Es una especie muy restringida en su distribución geográfica y ambiental en la región de Los Tuxtlas, por lo que sería pertinente realizar un monitoreo periódico y el planteamiento del diseño de corredores biológicos, debido a que se observó que la especie usa ciertos elementos del paisaje, tales como las cercas vivas, para desplazarse entre fragmentos conservados. En otros trabajos y lugares, como Chiapas, la especie es considerada como rara y se reporta que solo se encuentra en bosque tropical mediano y tropical caducifolio (Estrada *et al.* 1993, Winker 1997, Ramírez-Albores 2010), sin embargo, en Honduras es una especie aparentemente muy común (Anderson *et al.* 2004).

En lo referente a *O. vetula*, fue la especie de la que se obtuvieron el mayor número de registros en la familia, además de que se observó en cuatro tipos de vegetación (BTP, BMM, BPE, ZA) y en todas las localidades visitadas, lo que hace que sea la especie mejor representada en la reserva, lo cual coincide con lo reportado (Winker 1997, Bojorges-Bolaños y López-Mata 2000, Bojorges y López-Mata 2005). También coincide con ambientes similares reportados en Chiapas y Guatemala (Cereso *et al.* 2009, Ramírez-Albores 2010).

En términos generales, este trabajo aporta información de nuevas localidades para las diferentes especies, así como de tipos de vegetación y rango altitudinal en donde se encuentran las especies de estudio, información que puede servir para sentar las bases para continuar con el monitoreo de las especies, dado el estatus de conservación en que se encuentran, así como a sus bajas abundancias, comparadas con lo reportado por estudios en otras regiones (Winker 1997, Ramírez-Cedillo 2002, Almazán-Núñez y Navarro 2006), debido a que la zona se encuentra ante un escenario drástico de cambio de uso del suelo (Dirzo y García 1992) Lo anterior tiene repercusiones importantes, debido a que algunas especies, como *Crax rubra* y *P. purpurascens* se distribuyen en hábitats conservados que al verse afectados, las especies podrían verse gravemente perjudicadas. Sin embargo, *O. vetula*, de acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo, parecería no ser tan vulnerable a los cambios de uso de suelo en la región, ya que se observó en tipos de vegetación conservados y perturbados en la mayoría de las localidades muestreadas. Cabe señalar que la especie no se registró en interior de bosques conservados sino en las orillas o bordes. En las zonas abiertas se registró cerca de las zonas urbanas, debido a que se desplazaban de un lugar a otro por medio de las cercas vivas. En ciertas localidades, tales como López Mateos, Miguel Hidalgo, Dos Amates, incluso se observó acercándose a las casas, presumiblemente por la presencia de árboles frutales.

Es importante señalar que *Crax. rubra* se encuentra en la Sierra de Santa Marta, pero no fue registrada con ninguno de los métodos aplicados. Otros casos similares son el de *O. vetula* en Dos Amates, y el de *T. mayor* que se encuentra presente en las localidades de López Mateos y Miguel Hidalgo; en estos casos las especies no fueron registradas durante

nuestros recorridos, sin embargo, con base en entrevistas no estructuradas con los locatarios, se sabe de la presencia de las especies en dichas localidades, esto quiere decir que puede existir ciertos sesgo en nuestro muestreo, no obstante, estos casos son aislados y muy particulares; ya en la mayoría de las localidades en la que se infería la presencia de las especies en estudio, esta fue corroborada en campo, bajo algunos de los métodos utilizados.

Un aspecto que nos interesa remarcar respecto a la especie *Crax rubra*, es que se observó en lo que parecía ser su dormitorio. Esta observación fue a las 5:50 am, donde se encontraba un macho perchado en un árbol llamado “chacarro” (en una *Cecropia obtusifolia*), de unos 10 metros de altura y el ave se encontraba a 8.5 m aproximadamente, el árbol se encontraba cerca de una brecha de unos 6 metros de ancho. A las 6:00 comenzó a vocalizar y a las 6:30 am, voló fuera de nuestra visión hacia el interior el fragmento de bosque tropical perennifolio. También se observaron a cuatro individuos de la especie *P. Purpurascens*, que se desplazaban hacia el interior de un fragmento de bosque mesófilo de montaña, sin vocalizar y brincando de un árbol a otro (6:45 am). Se cree que el desplazamiento de las especies de un fragmento a otro lo realizan durante la tarde (en el ocaso) o por la mañana antes del amanecer, para evitar a los depredadores.

XIII. LITERATURA CITADA

- Almazán-Núñez y Navarro Almazán-Trejo, R.C. y A. G. Navarro. 2006. Avifauna de la subcuenca del río San Juan, Guerrero, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 77:103-114.
- Anderson, P.M., Edwards, M.E. and Brubaker, L.B. 2004: Results and paleoclimate implications of 35 years of paleoecological research in Alaska. In Gillespie, A.R., Porter, S.C. and Atwater, B.F., editors, *The Quaternary period in the United States*. Elsevier, 427_40.
- AOU. 1998. "Check-list of North American birds". 7^a ed. Supplement 50. American Ornithologists Union. Lawrence, KA.
- Arroyo-Rodríguez, V., A. Aguirre, J. Benítez-Malvido, and S. Mandujano. 2007. Impact of rain forest fragmentation on a structurally important palm species: *Astrocaryum mexicanum* Liebm. at Los Tuxtlas, Mexico. *Biological Conservation* 138: 198-206.
- Bohl, W. H. 1970b. A study of the northern and southern Chilean tinamous. Foreign Game Investigation Program, Interim Report, Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Washington, D.C.
- Bojorges BJC, López-Mata L (2001) Abundancia y distribución temporal de aves en una selva mediana subperennifolia en el centro de Veracruz, México. *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. Méx. Ser. Zool.* 72:259-283.
- Bojorges BJC, López-Mata L.2005.Riqueza y diversidad de especies de aves en una selva mediana subperennifolia en el centro de Veracruz, México. *Acta Zool. Mex. (n.s.)* 21(1): 1 20.
- Brennan P. L.R. 2004. Techniques for studying the behavioral ecology of forest-dwelling tinamous (Tinamidae). *Ornitología Neotropical* 15.

- Brooks, D.M. 2002a. Curassows, Guans and Chachalacas. Pp. 413-424. In: Grzimek's Animal Life Encyclopedia, 2nd Ed., Vol. 8, Birds I (M. Hutchins, J.A. Jackson, W.J. Bock and D. Olendorf, Eds.). Gale Group, Farmington Hills, MI
- Bump, G., & J. W. Bump. 1969. A study of the Spotted Tinamous and Pale Spotted Tinamous of Argentina. Special scientific report – Wildlife no. 120, U. S. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Washington D.C.
- Burger, M. I. 1992. Ciclo reproductivo de machos de uma população de *Nothura Maculosa* temminck, 1815 (Aves Tinamidae) no rio grande do sul, Brasil. Iheringia Ser. Zool. 73: 77-96.
- Calmé Sophie. (2000). Manejo y conservación de aves terrestres mayores. _En: Sanchez, O., O., M. del C. Donovarros-Aguilar y J. E. Sosa-Escalante (edit) 2000. Conservación y manejo de vertebrados en el trópico de México. Diplomado en conservación, manejo y aprovechamiento de vida silvestre. SEMARNAP-INE, US. Fish & Wildlife Service, CONABIO, Sierra Madre, Unidos para la Conservación, Universidad Autónoma de Yucatán. México.
- Challenger A. 1998. Utilización y Conservación de los Ecosistemas Terrestres de México: “Pasado, Presente y futuro”. CONABIO. Instituto de Biología - Fundación Sierra Madre. México, D. F. 847 pp.
- Cancino L. y Brooks D.M. 2006. Conservando Cracidos: la familia de las aves mas amenazadas de las Americas. Pp 178. In: Conserving Cracids. The Most Threatened family of birds in the americos (D. M. Brooks, Ed) Misc. Publ. Houston Mus Nat. SCI, No 6, Houston Tx.

Diagnóstico de las especies de Tinamidae y Cracidae, en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz

- Cerezo A., C. S Robbins, & B. Dowell. 2009. Uso de habitats modificados por aves dependientes de bosque tropical en la región caribeña de Guatemala. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 57(1-2):401-419, March-June.
- CONABIO. 2010. El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 197 pp. México D.F., México.
- CONANP SEMARNAT 2006. Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas. Comisión nacional de áreas naturales protegidas. Primera edición. pp 296. México D.F.
- CSG (CRACID SPECIALIST GROUP). 1999. Pavones, Pavas y Chachalacas: Prospección sobre su estatus y plan de acción para su conservación (1999 - 2003). compilado por Stuart D. Strahl y Daniel M. Brooks, con la traducción de Fernando González-García y Pedro R.M.S. Santos, con contribuciones de la WPA/BirdLife /Grupo Especialistas de Crácidos del IUCN
- Davies, S. J. J. F. 2002. Ratites and tinamous. Oxford Univ. Press. New York, New York.
- Del Hoyo, J., A. Elliot, y J. Sargatal. (Eds.). 1994. Handbook of the birds of the world, Vol. 1. Ostriches to ducks. Lynx editions, Barcelona. España.
- Dirzo, R., A. Aguirre, and J.C. López. 2009. Diversidad florística de las selvas húmedas en paisajes antropizados. *Investigación ambiental* 1:17-22.
- Dirzo R., and M. C. García. 1992. Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a Neotropical area in southeast Mexico. *Conservation Biology*. 6: 84-90.

Diagnóstico de las especies de Tinamidae y Cracidae, en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz

- Dirzo R. Gonzalez S.E, y Vogt R.C. 1997. Pp *In* E. González-Soriano, R. Dirzo & R. C. Vogt (eds.). Historia Natural de los Tuxtlas. Universidad Nacional Autónoma de México.
- DOF. (Diario Oficial de la Federación) 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. DOF del 6 de marzo de 2002.
- Estrada A., Coates-Estrada R. Mernt D. Jr., Montier S., and Cunet D. 1993. Patterns or frugivore species richness and abundance in forest islands and in agricultural hábitats at Los Tuxtlas, Mexico. In *Frugivores and seed dispersal: ecological and eolutionary aspectst* (T.H. Fleming and A. Estrada, eds) pp. 245-57. The Netherlands: Kluwer Academic Group.
- Estrada, A. y R. Coates-Estrada. 1995. La contracción y fragmentación de las selvas y poblaciones de primates silvestres: el caso de los Tuxtlas, Veracruz, pp. 25-59. *In* E. Rodríguez-Luna, L. Cortés-Ortíz & J. Martínez Contreras (eds.). *Estudios Primatológicos en México*. Universidad Veracruzana, Xalapa, México.
- García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen para adaptarlo a las condiciones de la Republica Mexicana. *Larios*. 3a. Ed. México D. F. 252 pp.
- García-Aguirre MC, Álvarez R, Dirzo R, Ortiz MA, Eng MM. 2010. Delineation of biogeomorphic land units across a tropical natural and humanized terrain in Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico. *Geomorphology* 121:245-256.
- González-García, F. y A. Abundis.2005. Distribución, Densidad y Estado Poblacional del Pavón (*Oreophasis derbianus*) en México. II Simposio Internacional para la Conservación de *Oreophasis derbianus* en México.

*Diagnóstico de las especies de Tinamidae y Cracidae, en la Reserva de la Biósfera de
Los Tuxtlas, Veracruz*

- Guevara S., J. Laborde y G. Sánchez-Ríos. 2004. Los Tuxtlas. El Paisaje de la sierra. Instituto de Ecología, A.C. y Unión Europea. Xalapa, Ver., 288 pp.
- Hamel, P. B., Smith, W. P., Twedt, D. J., Woher, J. R., Morris, E, Hamilton, R. B., y R. J. Cooper. 1996. A land managers guide to points counts of birds in the Southeast. United States Department of Agriculture. Forest. Southern Research Station. General Technical Report SO-102
- Howell S. N. G. y S. Webb. 1995. A Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press.
- Ibarra-Manriquez G., Martínez-Ramos M., Dirzo R. y Nuñez-Farfan J. 1997. La vegetación. Pp.. In E. González-Soriano, R. Dirzo & R. C. Vogt (eds.). Historia Natural de los Tuxtlas. Universidad Nacional Autónoma de México.
- IUCN 2009. IUCN Red List of threatened species. www.iucnredlist.org. Accesada el 28 de agosto de 2009.
- Kricher John. 2006. Un Compañero Neotropical Una introducción a los animales, plantas, y ecosistemas del trópico del nuevo mundo. Segunda Edición. Editorial American Birding Association, Inc. Colorado Springs, CO.
- Lancaster, D. A. 1964a. Life history of the Boucard Tinamou in British Honduras. Part I: Distribution and general behavior. Condor 66: 165-181.
- Lancaster, D. A. 1964b. Life history of the Boucard Tinamou in British Honduras. Part II: Breeding biology. Condor 66: 253-276.
- Lancaster, D. A. 1964c. Biology of the Brushland Tinamou, *Nothoprocta cinerascens*. Bull. Am. Mus. Nat. Hist. 127: 269-314.

Diagnóstico de las especies de Tinamidae y Cracidae, en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz

- Laverde-R O., Stiles F.G., Munera R C. 2005. Nuevos registros e inventario de la avifauna de la serranía de las quinchas, un área importante para la conservación de las aves (AICA) en Colombia. *Caldasia* 27(2):247-265.
- Leopold, A. S. Fauna Silvestre de México. 1959. Editorial Pax. México.
- Lowery, G.J y W. Dalquest. 1951. Birds from the state of Veracruz, Mexico. Universidad of Kansas Publications, Museum of Natural History 3:531-649.mb
- Martín del Pozzo, M. 1997. Geología. Pp. 25-32. In E. González-Soriano, R. Dirzo & R. C. Vogt (eds.). Historia Natural de los Tuxtlas. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Martínez-Morales, M. A. 1999. Conservation Status and Habitat Preferences of the Cozumel Curassow. *The Condor* 101:14-20.
- Martínez-Morales M. A. 2007. Avifauna del Bosque Mesófilo de Montaña del Noreste de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78:149-162.
- Martínez O. y Ayala J. 2006. Abundancia, recursos alimenticios y uso antrópico de los crácidos (Aves: Galliformes) en un bosque amazónico de Bolivia. *Rev. Bol. Ecol.* 19:75-88.
- Mayer Pérez Rul F. 1962. Estudio vulcanológico de la región de Los Tuxtlas, Veracruz. Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM, México.
- Mendoza E. Fray J., Dirzo R. 2005. Aquatitative analysis of forest fragmentations Los Tuxtlas.southeast Mexico:Patternsand implications for conservation. *Revista Chilena de Historia Natural* 78:451-467.
- Menegheti, J. O. 1985. Densidade de *Nothura maculosa* (Temminck, 1815) (Aves, Tinamidae): variação annual. *Iheringia Ser. Misc.* 1:55-69.

Diagnóstico de las especies de Tinamidae y Cracidae, en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz

- Miranda F. y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Bol. Soc. Bot. Mex. 29:179.
- Moro, M. E. G., M. L. Gianoff, & A. C. Paulillo. 1994. Estudos da *Rhyncotus rufescens* perdiz (Aves: Tinamiformes) em cativeiro. I. Sexagem. Ars Vet. 10:37-40.
- Ornelas, J.F., M.C. Arizmendi, L. Márquez-Valdemar, M. L. Navarajo y Berlanga H. 1993. Variability Profiles for Line Trasnsect Bird Censuses in a Tropical Dryforest in Mexico. The Condor 95:422-441.
- Pacheco, S. C. 1994. Hábitos alimenticios y uso estacional de hábitat de la pava crestada (*Penelope purpurascens*) en el bosque seco tropical, parque Nacional Santa Rosa Costa Rica.
- Paynter R. A. Jr. 1955. The ornitho-eugraphy of the Yucatan Peninsula. Peapody Mus Nat.Hist. Bull 9. 347 pp.
- Purata SE (1986) Floristic and structural changes during old-field succession in the Mexican tropics in relation to site history and species availability. J. Trop. Ecol. 2:257-276.
- Peterson, R.T. y E.L. Chalif. 1973. *A Field Guide to Mexican Birds*. Houghton Mifflin Co., Boston, Mass., EUA. (existe una versión en español publicada por Diana, México, 1990).
- Ralph, C. J., G. R. Geupel., P Martin, T. E. Desante y B. Mila. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. United State Department of Agricultura. Forest Service Technical Report PSW-GTR. 159 pp.
- Ramírez-Albores J.E 2010. Avifauna de sitios asociados a la selva tropical en la depresión central de Chiapas, México. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie) Vol. 26, Num 3, pp 539-562. Instituto de Ecología A.C. México.

Diagnóstico de las especies de Tinamidae y Cracidae, en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz

- Ramírez-Albores, J.F. y M.G. Ramírez-Cedillo. 2002. Avifauna de la Región Oriente de la Sierra de Huautla, Morelos, México. *Serie Zoología* 73(1):91-111.
- Ríos, M.M., Londoño, G.A y M.C. Muñoz. 2005. Densidad Poblacional e Historia Natural de la Pava Negra (*Aburria aburri*) en los Andes Centrales de Colombia. *Ornitología Neotropical*.16:205-217.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México.
- Schafer E. 1954. Zur Biologie des steisshuhnes *Nothocercus Bonaparte*. *Jour. Fúr Ornitologie* 95:219-232.
- Sick, H. 1993. *Birds in Brazil*. Princeton Univ. Press, NJ.
- Skutch A. F. 1963. Life History of the little tinamu. *Condor*, 65: 224-231.
- Soto M. y Gama L. 1997. Climas. Pp.. *In* E. González-Soriano, R. Dirzo & R. C. Vogt (eds.). *Historia Natural de Los Tuxtlas*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Sousa M. 1968. Ecología de las leguminosas de Los Tuxtlas, Veracruz. *Anales del Instituto de Biología*. UNAM, Serie Botánica 1:121-160.
- Stotz, D.F., Fitzpatrick, J.W., Parker III, T.A., Moskovits, D.K., 1996. *Neotropical Birds. Ecology and Conservation*. University of Chicago Press. Chicago.
- Torres C. Beatriz. 1997. Densidades poblacionales de la comunidad de Crácidos en el Parque Nacional Manú (Perú). Pp. 376-394 en S. D. Sthahl, S. Beaujon, D. M. Brooks, A. J. Begazo, G. Sedaghatkish and F. Olmos, (Eds). *Biology and Conservation of the Family Cracidae*. Hancock House Pubeshers, Washington D.
- Valencia-Herverth J., Valencia-Herverth y F. Mendoza-Quijano. 2008. Registros adicionales de aves para Hidalgo, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s) 24 (2) 115-123.

Diagnóstico de las especies de Tinamidae y Cracidae, en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz

- Wetmore A. 1943. The birds of southern Veracruz, México. Proc. U. S. Nat. Mus. 93:215-340.
- Winker K. 1997. Introducción a las aves de los Tuxtlas. Pp 533-540. *In* Soriano. E. González, R. Dirzo & R. C. Vogt (eds.). Historia Natural de Los Tuxtlas. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Yahuarcani A., Morete K., Calle A., y Chujandama M. 2009. Estado de conservación de Crax globulosa en la Reserva Nacional Pacaya Samaria, Loreto. Versión Online issn 1727-9933. Rev. Perú. Biol. 15 (2):041-049.

CAPITULO II

**ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES DE LA FAMILIA
TINAMIDAE Y CRACIDAE EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA DE LOS
TUXTLAS, VERACRUZ, MEDIANTE MODELAJE DE NICHO ECOLÓGICO.**

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el estudio de la diversidad requiere del conocimiento de la distribución de las especies a escalas de trabajo que van desde lo local hasta lo global, así como de comprender el conjunto de parámetros que influyen y determinan esa distribución. La respuesta de las especies a la alteración del paisaje por las actividades humanas, el cambio climático y las estrategias de conservación, son algunas de las preocupaciones (Fausch 2002). Una innovación muy importante es un enfoque robusto dirigido hacia la predicción de la distribución potencial bajo una diversidad de escenarios de condiciones presentes y futuras. Una de las necesidades primarias es el acceso a la información referente a la ubicación actual de las especies, está siendo resuelta mediante el desarrollo de la tecnología de las bases de datos, que permiten reunir proveedores de datos en redes cooperativas de información tales como la Global Biodiversity Information Facility (GBIF) o la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB). Muchos de estos registros pueden ser usados en un Sistema de Información Geográfica (SIG) para generar mapas de distribución de las especies. Sin embargo, tales mapas presentan una importante limitación debido a que sólo muestran la distribución de una especie como puntos de ocurrencia.

En años recientes, han surgido propuestas para predecir la distribución potencial de las especies basadas en la modelación del nicho ecológico, entre las que destacan las asociadas a la rama informática de la inteligencia artificial y que se aplican al problema de la predicción de la distribución de las especies, utilizando las redes neuronales, los algoritmos genéticos y el análisis factorial de nicho ecológico, entre otros

En los modelos de distribución de especies se relacionan los registros de campo de los taxones con variables ambientales (Guisan y Zimmermann 2000). Las relaciones entre las especies y el ambiente pueden causar diferentes patrones espaciales, observables a diferentes escalas. Estos tipos de datos, derivados de las relaciones, son manipulados a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG), el cual es una herramienta que se ha desarrollado en las últimas décadas y que ha tenido una gran influencia en el desarrollo del modelado de nicho ecológico y de las áreas de distribución de las especies (Illoldi-Rangel y Escalante 2008).

Con la finalidad de contribuir al conocimiento de la distribución de las especies de tinamúes y crácidos para la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, se hará uso de los modelos de nicho ecológico para describir su distribución espacial, debido a que son especies que se encuentran en estatus de amenazadas y protección especial (NOM-059-2010).

2. ANTECEDENTES

2.1 Modelación de la distribución

La modelación de la distribución geográfica de las especies, basada en las condiciones ambientales de los sitios de ocurrencia conocida, constituye una técnica importante en la biología, con implicaciones y aplicaciones en la conservación y planeación de áreas naturales protegidas, ecología, evolución, manejo de especies invasoras, epidemiología y muchos otros campos más (Anderson *et al.* 2002, Escalante 2003, Ganeshiah *et al.* 2003, Holloway *et al.* 2003, Losos *et al.* 2003, Chefaoui *et al.* 2005, Swenson 2005, Thuiller *et al.* 2005). En ocasiones se dispone de datos de ausencia y presencia para el desarrollo de los modelos, en cuyo caso es posible la utilización de métodos estadísticos de propósito general (McNally 2000, Lehmann *et al.* 2002, Robertson *et al.* 2004). Sin embargo, a pesar de que existen grandes cantidades de datos de presencia en las colecciones científicas de museos de historia natural y herbarios, en lo referente a datos de ausencia lo más común es que rara vez estén disponibles, especialmente para regiones pobremente muestreadas de zonas tropicales (Graham. *et al.* 2004, Rowe 2005). Además, aún y cuando los datos de ausencia estuvieran disponibles, estos pueden ser de valor cuestionable en muchas situaciones (Anderson *et al.* 2003). Por tanto, las técnicas de modelación que requieren solamente datos de presencia resultan extremadamente valiosas (Graham *et al.* 2004).

El principal interés de este trabajo es aplicar los modelos de requerimiento ambiental de las especies a partir de conjuntos de datos de presencia, en combinación con un conjunto de variables ambientales que describen algunos de los factores que influyan en la aptitud del

ambiente para las especies (Hirzel *et al.* 2002, Peterson 2003, Phillips *et al.* 2006). Las localidades de presencia son coordenadas (geográficas o UTM), que indican el sitio donde una cierta especie ha sido observada. Con frecuencia, tales registros georeferenciados derivan de especímenes de colecciones científicas (Illoldi-Rangel *et al.* 2004). Las variables ambientales en formato SIG pertenecen a la misma área geográfica, el área de estudio, la cual es particionada en una retícula de celdas (grid o raster). El objetivo de cualquier método de modelación es predecir la aptitud ambiental para las especies en función de las variables ecogeográficas seleccionadas. Un modelo basado en el nicho representa una aproximación al nicho ecológico de las especies dentro de las dimensiones ambientales analizadas.

Aunque un modelo basado en el nicho ecológico describe la aptitud en el espacio ecológico, este normalmente es proyectado en una región espacial, lo cual da como resultado la delimitación de un área geográfica predictiva de la distribución de una especie. Aquellas áreas que satisfacen las condiciones del nicho fundamental de una especie representan su *distribución potencial*, mientras que las regiones geográficas habitadas actualmente constituyen su *distribución realizada*. El *nicho realizado* puede ser más pequeño que el nicho fundamental, con respecto a las variables utilizadas en el modelo, en cuyo caso la distribución predicha será más pequeña que la distribución potencial. No obstante, en la medida que el modelo describa precisamente al nicho fundamental de la especie, la proyección del modelo en el espacio geográfico representará la distribución potencial de la misma.

Ya sea que un modelo capture o no los requerimientos completos del nicho fundamental de una especie, las áreas de presencia predichas por este, típicamente son mayores que la distribución realizada. Es importante considerar que, dependiendo de las herramientas usadas, la distribución realizada puede estimarse a partir de la distribución modelada, mediante una serie de etapas que remueven aquellas porciones del espacio geográfico en las que se infiere o se sabe que nunca han sido ocupadas por la especie.

Un aspecto muy importante a considerar, es que existen una serie de supuestos sobre el conjunto de variables ambientales usadas para la modelación, por lo que es necesario tener mucho cuidado al seleccionar el conjunto de estas. Algunas de estas son:

- ☞ Debe existir una correspondencia temporal entre las localidades de presencia y las variables ambientales (Anderson and Martínez-Meyer 2004). Las variables utilizadas deben afectar la distribución de las especies a la escala adecuada, determinada por la extensión geográfica y la resolución del modelo (Pearson *et al.* 2004).
- ☞ La selección de las variables utilizadas en el modelo también puede afectar el grado en que este se puede generalizar a otras regiones fuera del área de estudio o condiciones ambientales distintas.
- ☞ Otros aspectos a considerar y que pueden afectar la precisión de un modelo basado en datos de presencia son el sesgo en las localidades de colecta, debido entre otras cosas a la presencia de carreteras, ríos y otras vías de acceso. La ubicación de

localidades de colecta puede sufrir de autocorrelación espacial, como cuando se colectan especímenes de varias localidades cercanas en un área restringida. También ocurre que el esfuerzo y la intensidad de muestreo varíen a través del área de estudio (Anderson 2003). Es frecuente también errores en las localidades debidos a descuidos en la transcripción de datos, carencia de suficientes referencias geográficas o mala identificación de las especies. Es común que el número de datos de presencia sea muy bajo como para estimar de manera confiable los parámetros del modelo de distribución (Stockwell y Peterson 2002).

En lo referente a la disponibilidad de información sobre las variables ambientales que permitan describir todos los parámetros del nicho fundamental de una especie, es común que no sean suficientes, en muchos casos para los niveles de resolución deseados. Existen errores en las variables ambientales utilizadas debido a causas diversas tales como la manipulación de los datos, imprecisiones en los modelos climáticos utilizados para generar variables climáticas o a la interpolación de datos de baja resolución (Hijmans *et al.* 2005). En definitiva, estos factores representan temas de investigación para todos los modelos de estudio de la distribución de especies, basados en datos de presencia.

En cuanto a trabajos referentes al modelaje de la distribución de las especies de estudio (de la familia Tinamidae y Cracidae), estos son muy pocos entre los que se encuentran los de Navarro y Peterson (2007), que realizaron modelos para todo México con datos de museos (que para algunas especies carecía de un número adecuado especímenes u observaciones fidedignas), utilizando 15 variables climáticas a una escala de 1:1000000.

3. JUSTIFICACIÓN

Dada la importancia de la presencia de las especies de las familias Tinamidae y Cracidae en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, de que se carece de una estimación sobre la distribución actual de ambas familias y de que no existe ningún manejo de sus poblaciones, en este proyecto se planteo analizar su distribución actual mediante el trabajo de campo exploratorio y utilizar esa información para evaluar una distribución potencial de ambas familias.

4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- I.** ¿Es posible modelar la distribución de las especies estudiadas a partir de los datos obtenidos durante el trabajo de campo y aquellos extraídos de las colecciones científicas?

- II.** ¿Existen variables ambientales con la resolución apropiada para modelar la distribución de las especies a la escala apropiada?

- III.** ¿Los modelos obtenidos son lo suficientemente robustos como para derivar propuestas enfocadas a la conservación de las especies?

5. HIPÓTESIS DE TRABAJO

Se espera que el conjunto de localidades de presencia de las especies, obtenidas durante los recorridos de campo, así como los obtenidos de colecciones científicas, permitan obtener modelos de distribución de las especies, a partir de los cuales hacer inferencias sobre posibles estrategias de conservación de las especies estudiadas

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

Analizar la distribución de las especies de las familias Tinamidae y Cracidae en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz.

6.2 Particulares

- ☞ Determinar la distribución potencial de las especies, a través de la modelación de nicho ecológico.
- ☞ Analizar la distribución potencial de cada especie de las familias Tinamidae y Cracidae.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Datos de presencia

En este trabajo se utilizaron dos tipos de datos:

1) Datos provenientes de colecciones científicas (de la base de GBIF, los registros encontrados fueron de fechas recientes de 2006 a 2011) de las colecciones de EBIRD, EBIRD-MEX, CNAV, BMUK, CUMV-BIRD se obtuvieron 215 datos a los cuales se realizó una depuración (se eliminaron los datos que estuvieran fuera del área de estudio y los registros repetidos) en total quedaron 71 registros para las especies de las dos familias (23 Tinamidae y 32 Cracidae).

2) Datos obtenidos del trabajo de campo que se realizó en 17 localidades de la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas de 2010 y 2011, donde se obtuvieron 258 registros los cuales se depuraron (eliminaron los datos repetidos, es decir la misma coordenada para los demás registros) quedando un de total 220 (118 para Tinamidae y 102 en Cracidae) (Cuadro 1).

Diagnóstico de las especies de Tinamidae y Cracidae, en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz

Cuadro 1. Datos obtenidos de las colecciones y trabajo de campo para cada especie de las familias Tinamidae y Cracidae usados en los modelos y para validar.

	ESPECIES	MODELOS		VALIDACIÓN		TOTAL
		ACTUALES	COLECCIONES	ACTUALES	COLECCIONES	
TINAMIDAE	TIMA	4	3	9	0	16
	CRCI	4	2	10	1	17
	CRBO	10	5	87	8	110
CRACIDAE	CRRU	5	4	18	5	32
	PEPU	4	1	15	3	23
	ORVE	12	11	45	20	88

Nombre de las especies: TIMA: *Tinamus major*, CRCI: *Crypturellus cinnamomeus*, CRBO: *Crypturellus boucardi*, CRRU: *Crax rubra*, PEPU: *Penelope purpurascens*, ORVE: *Ortalis vetula*.

7.2 Variables ambientales.

Las variables ambientales que se utilizaron fueron las de la base de datos de WORLDCLIM (www.worldclim.org). Esta se constituye de un conjunto de capas climáticas globales que también incluyen un modelo digital de elevación con resolución espacial de 30 segundos de arco, con equivalencia aproximada de 1 km², la cual está diseñada para su uso en sistemas de información geográfica (Hijmans *et al.* 2005).

Cada variable fue remuestreada a una resolución de 30 m, mediante el uso de la técnica de interpolación de distancia inversa ponderada, a partir de 3000 puntos de muestreo al azar, generados con la extensión Hawth's Tools (Beyer 2004) para cada variable ambiental y mediante la extensión Spatial Analyst. Con las variables a una resolución de 30x30 m por pixel, se seleccionaron ocho variables no correlacionadas (sensu Loiselle *et al.* 2008) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Variables ambientales de temperatura y precipitación no correlacionadas

Temperatura media anual
Promedio del rango diario (promedio mensual (t max-t min))
Isotermalidad
Estacionalidad de temperatura
Precipitación anual
Precipitación de mes más seco
Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación)
Estacionalidad de trimestre más caluroso

7.3 Método de Jackknife

Para aquellas especies con un número bajo de localidades de presencia, se aplicó el método de Jackknife (sensu Pearson *et al.*, 2007) (Cuadro 3). El método consiste en producir modelos usando $n-1$ de las localidades de presencia, hasta que todas las localidades hayan sido dejadas fuera y se obtengan n modelos independientes para una especie, los cuales son evaluados con base en la capacidad de predecir aquellas localidades que en cada caso fueron dejadas fuera del proceso de modelación (Pearson *et al.*, 2007).

Cuadro 3. Especies y número de datos con que realizó el ejercicio Jackknife

FAMILIA	ESPECIES	DATOS
TINAMIDAE	TIMA	7

	CRCI	6
CRACIDAE	PEPU	5

7.4 Autocorrelación espacial

Para evitar la autocorrelación espacial en los datos de presencia de las especies, se estableció un procedimiento mediante el cual se seleccionaron sólo aquellas localidades que estaban alejadas entre sí por una distancia mínima de 2 km (sacando una proporción de 10 % del área del total del sitio de estudio), mediante el uso de buffers generados con un sistema de información geográfica. De esta manera, en cada buffer se retuvo el punto central del mismo y todos aquellos puntos de presencia que caían dentro de él fueron eliminados, por estar a una distancia menor a los 2 km. El supuesto subyacente a este procedimiento es que al eliminar aquellas localidades muy cercanas entre sí, se favoreció un mejor muestreo del espacio ambiental, evitando los sesgos debidos a la aglomeración de puntos (Hampe 2004, Luoto *et al.* 2005).

7.5 Generación de modelos

Los modelos de nicho ecológico se desarrollaron usando el algoritmo genético para predicción de conjuntos de reglas (GARP). La modelación del nicho ecológico se realizó en la versión para PC del programa GARP (Desktop GARP v1.1.6: <http://www.lifemapper.org/desktopgarp/>).

La naturaleza estocástica del algoritmo genético, significa que el análisis de los mismos datos producirá predicciones diferentes cada vez; por tanto, para optimizar los modelos, se

realizaron 100 réplicas para cada escenario. Se utilizó el “mejor subconjunto” de modelos basado en la distribución de los errores (Anderson *et al.* 2003). A partir de estos 100 modelos, se seleccionaron 20 con errores de omisión bajos, para posteriormente retener los 10 modelos con áreas predichas cercanas a la mediana del área predicha de entre los 20 modelos de baja omisión. Estos 10 modelos fueron sumados para producir un mapa compuesto de la distribución geográfica potencial. Este mapa final no necesariamente representó la distribución de la especie, sino la distribución geográfica de las condiciones ambientales modeladas como aptas para la especie (Soberón y Peterson 2005).

Se evaluó la validez predictiva de cada modelo mediante el uso de localidades de prueba previamente extraídas al azar y no usadas para la construcción de los mismos. La coincidencia entre los datos independientes de prueba y los modelos predictivos se evaluaron usando la prueba de χ^2 para determinar si los puntos de prueba caen dentro de regiones predichas como de presencia de la especie, con mayor frecuencia que lo esperado al azar (Peterson *et al.* 2006).

8. RESULTADOS

8.1 DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LAS ESPECIES DE LA FAMILIA TINAMIDAE EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE LOS TUXTLAS

a) *Tinamus major*

El área de distribución potencial predicha para *T. major* dentro de la reserva fue de 1366.1 km² en total, de los cuales 782.1 km² corresponden a las áreas donde coinciden los diez mejores modelos, en la coincidencia de 6-9 modelos su área es de 291.8 km² y en los modelos de 1-5 su área fue de 292.1 km². Finalmente una extensión de 166.5 km², no fue predicha por ninguno de los modelos de distribución potencial y es lo que consideramos como área de ausencia de la especie (Fig. 1).

La prueba estadística del modelo ($X^2 = 24.31$, $p = 8.18 * 10^{-07}$), indica que nuestro modelo no es al azar y obedece a patrones ambientales que están representados por las variables introducidas al programa. El total de puntos usados para el modelo fueron siete y para su validación nueve registros actuales obtenidos en campo durante este trabajo. El porcentaje de los registros que caen dentro del área de predicción en los diez mejores modelos fue de 77.7%.

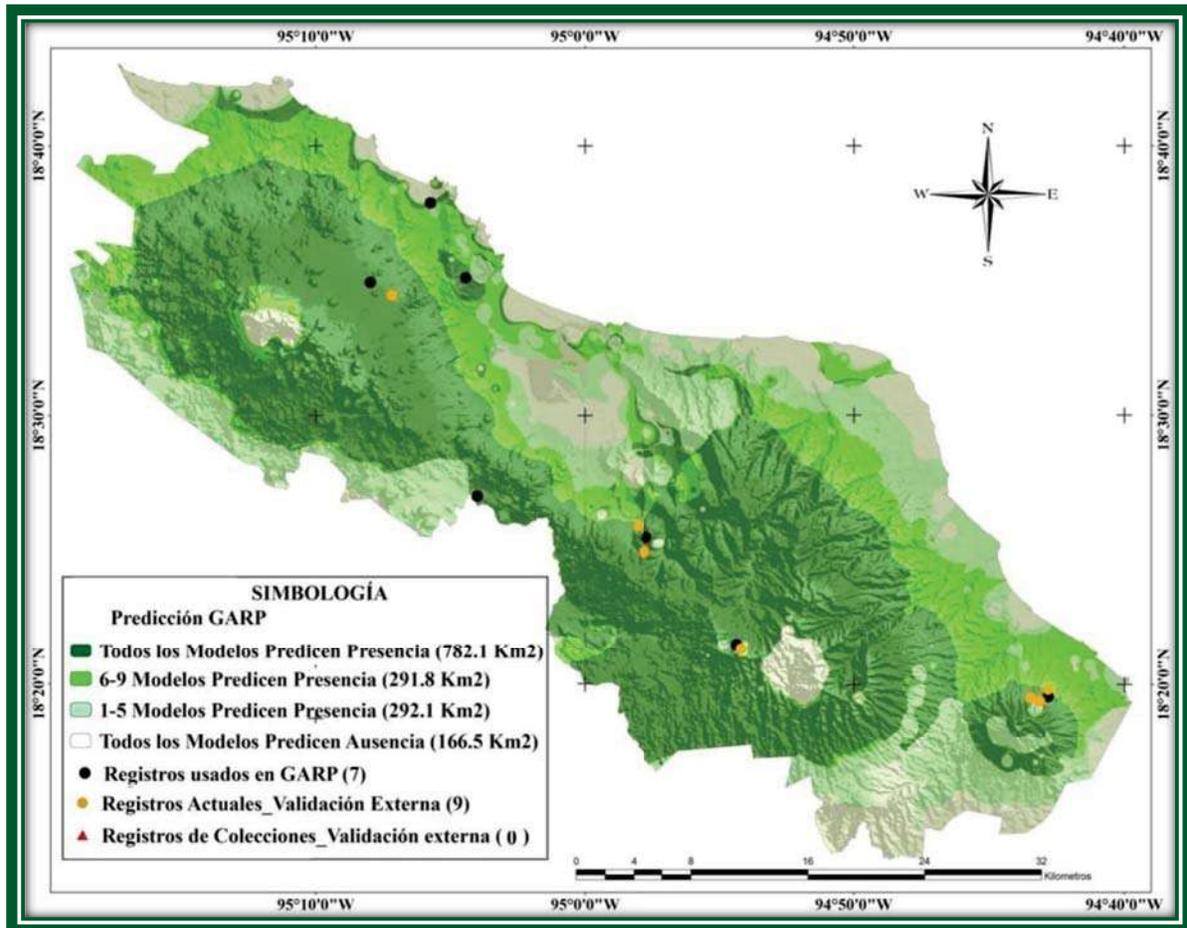


Figura 1. Mapa que muestra la distribución potencial de *Tinamus major* y los registros obtenidos en campo y de colecciones para la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas.

b) *Crypturellus cinnamomeus*

El área de distribución potencial predicha para *C. cinnamomeus* dentro de la reserva fue de 1003.4 km² en total, de los cuales 326.7 km² corresponden a las áreas donde coinciden los diez mejores modelos, en la coincidencia de 6-9 modelos su área es de 317.2 km² y en los modelos de 1-5 su área fue de 359.5 km². Finalmente una extensión de 529.2 km², no fue

considerada por ninguno de los modelos de distribución potencial y es lo que consideramos como área de ausencia de la especie (Fig. 2).

La prueba estadística del modelo ($X^2 = 73.82$, $p = 8.51 * 10^{-18}$) indica que nuestro modelo no se dio al azar y obedece a patrones ambientales que están representados por las variables introducidas al programa. El total de puntos usados para el modelo fueron seis y para su validación diez registros son actuales obtenidos en campo durante este trabajo y uno de colecciones. El porcentaje de los registros que caen dentro del área de predicción en los mejores modelos fue del 100%.

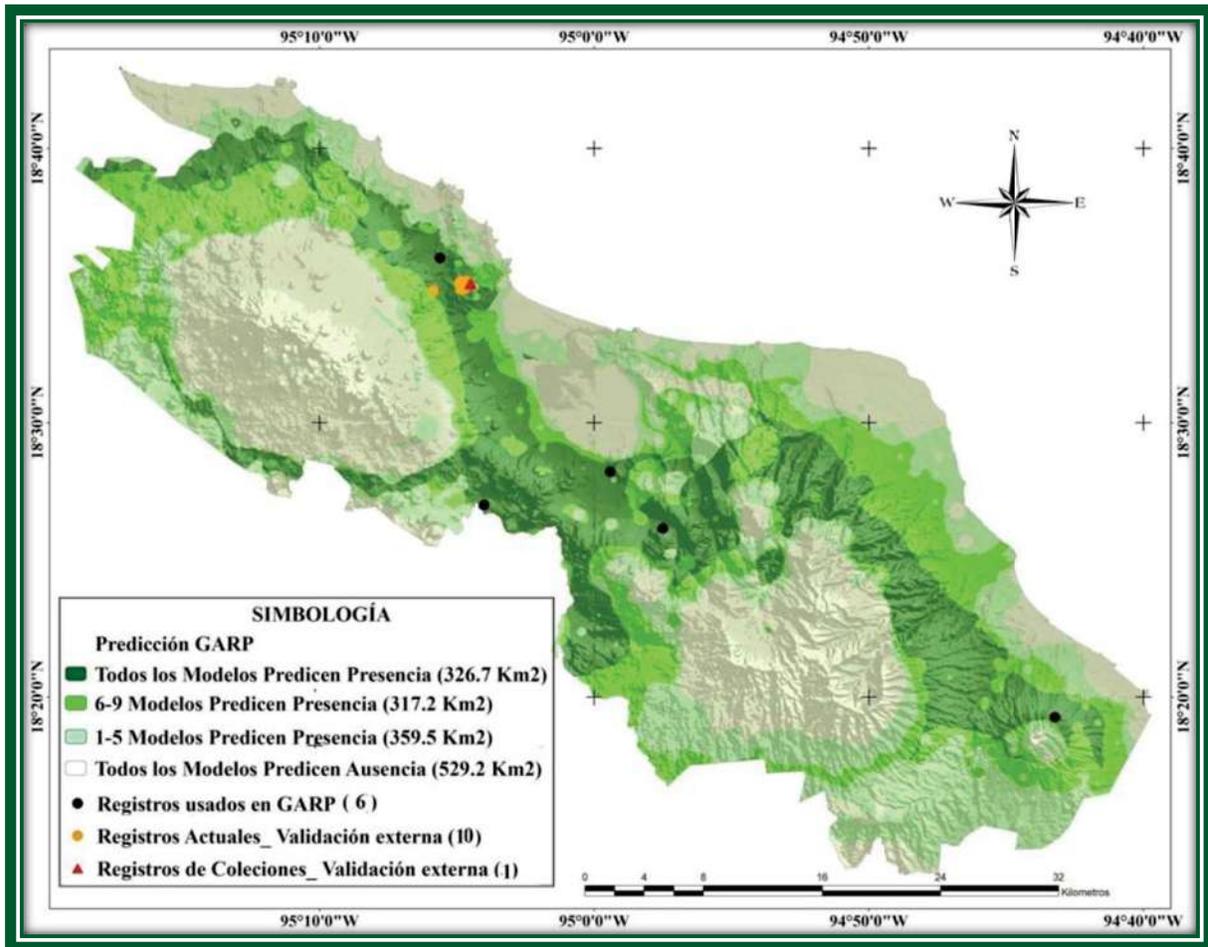


Figura 2. Mapa que nos muestra la distribución potencial de *Crypturellus cinnamomeus* y los registros obtenidos en campo y de colecciones para la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas.

c) *Crypturellus boucardi*

El área de distribución potencial predicha para *C. boucardi* dentro de la reserva fue de 1394.9 km² en total, de los cuales 863.8 km² corresponden a las áreas donde coinciden los diez mejores modelos, en la coincidencia de 6-9 modelos su área es de 282.4 km² y en los modelos de 1-5 su área fue de 248.6 km². Finalmente una extensión de 137.7 km², no fue

predicha por ninguno de los modelos de distribución potencial y es lo que consideramos como área de ausencia de la especie (Fig. 3).

La prueba estadística del modelo ($X^2 = 25.17$, $p = 5.23 * 10^{-07}$) indica que nuestro modelo no es al azar y obedece a patrones ambientales que están representados por las variables introducidas al programa. El total de puntos usados para el modelo fueron 15 y para su validación 87 registros actuales obtenidos en campo durante este trabajo y ocho de colecciones. El porcentaje de los registros que caen dentro del área de predicción en los diez mejores modelos fue del 77.8%.

Diagnóstico de las especies de Tinamidae y Cracidae, en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz

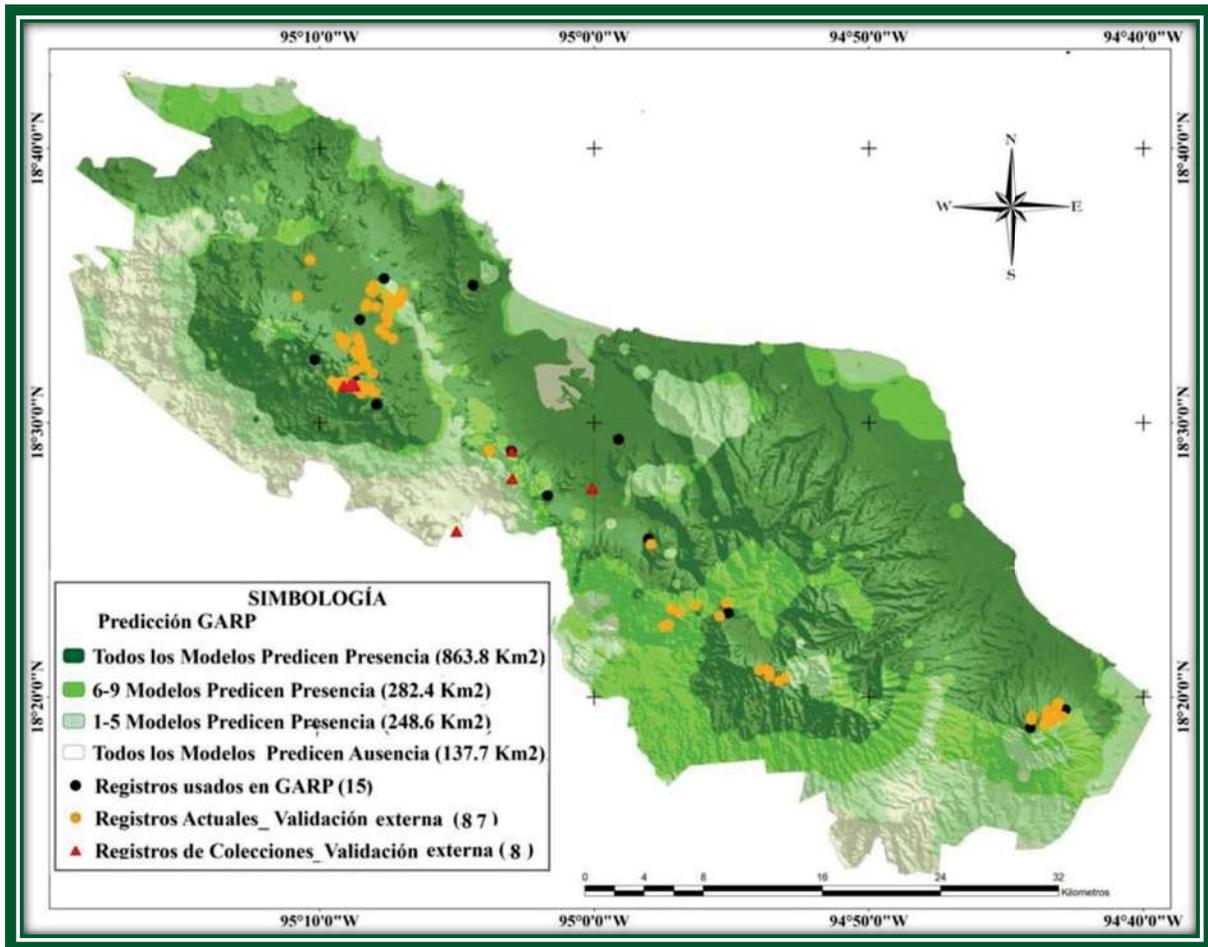


Figura 3. Mapa que muestra la distribución potencial de *Crypturellus boucardi* y registros obtenidos en campo y de colecciones para la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas.

8.2 DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LAS ESPECIES DE LA FAMILIA CRACIDAE EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE LOS TUXTLAS

a) *Crax rubra*

El área de distribución potencial predicha para *Crax rubra* dentro de la reserva fue de 1180.34 km² en total, de los cuales 564.4 km² corresponden a las áreas donde coinciden los diez mejores modelos, en la coincidencia de 6-9 modelos su área es de 174.8 km² y en los modelos de 1-5 su área fue de 441.0 km². Finalmente una extensión de 352.3 km², no fue predicha por ninguno de los modelos de distribución potencial y es lo que consideramos como área de ausencia de la especie (Fig. 4).

La prueba estadística del modelo ($X^2 = 62.91$, $p = 2.15 * 10^{-15}$) indica que nuestro modelo no es al azar y obedece a patrones ambientales que están representados por las variables introducidas al programa. El total de puntos usados para el modelo fueron nueve y para su validación 18 registros actuales obtenidos en campo durante este trabajo y cinco de colecciones. El porcentaje de los registros que caen dentro del área de predicción en los diez mejores modelos fue del 95.6%.

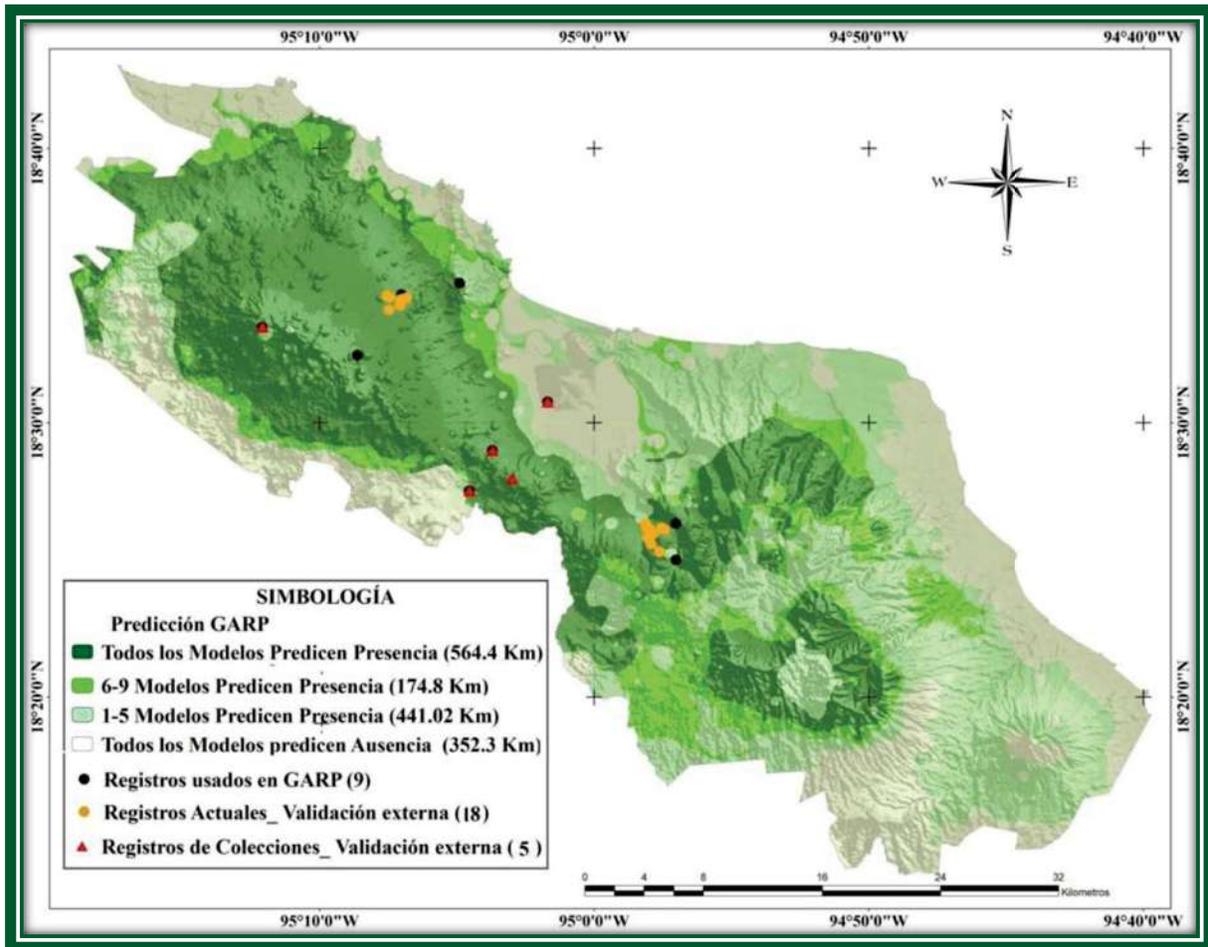


Figura 4. Mapa que nos muestra la distribución potencial de *Crax rubra* y los registros que se obtuvieron en campo y de colecciones para la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas.

b) *Penelope purpurascens*

El área de distribución potencial predicha para *P. purpurascens* dentro de la reserva fue de 426.73 km² en total, de los cuales 174.0 km² corresponden las áreas donde coinciden los diez mejores modelos, en la coincidencia de 6-9 modelos su área es de 107.2 km² y en los modelos de 1-5 su área fue de 145.5 km². Finalmente una extensión de 1105.9 km², no fue

incluida por ninguno de los modelos de distribución potencial y es lo que consideramos como área de ausencia de la especie (Fig. 5).

La prueba estadística del modelo ($X^2 = 69.94$, $p = 6.08 * 10^{-17}$) indica que nuestro modelo no es al azar y obedece a patrones ambientales que están representados por las variables introducidas al programa. El total de puntos usados para el modelo fueron cinco y para su validación 15 registros actuales obtenidos en campo durante este trabajo y tres de colecciones. El porcentaje de los registros que caen dentro del área de predicción en los diez mejores modelos fue del 61.1%.

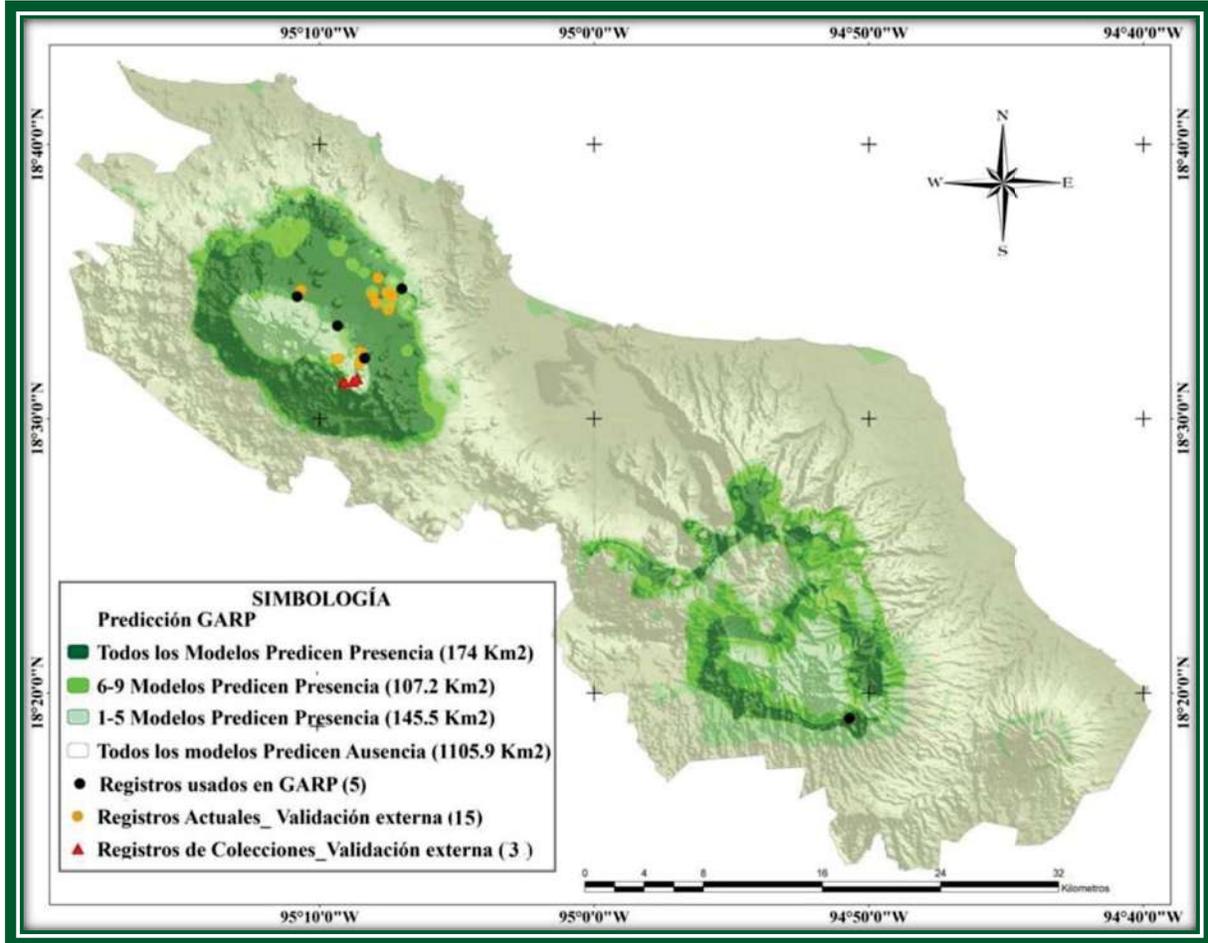


Figura 5. Mapa que nos muestra la distribución potencial de *Penelope purpurascens* y registros obtenidos e campo y de colecciones para la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas.

c) *Ortalis vetula*

El área de distribución potencial predicha para *O. vetula* dentro de la reserva fue de 1481.1 km² en total, de los cuales 986.7 km² corresponden a las áreas donde coinciden los diez mejores modelos, en la coincidencia de 6-9 modelos su área es de 395.8 km², en los modelos de 1-5 su área fue de 98.5 km². Finalmente una extensión de 51.5 km², no fue predicha por ninguno de los modelos de distribución potencial y es lo que consideramos como área de ausencia de la especie (Fig. 6).

Diagnóstico de las especies de Tinamidae y Cracidae, en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz

La prueba estadística del modelo ($X^2 = 4.58$, $p = 0.03$) indica que nuestro modelo no es al azar y obedece a patrones ambientales que están representados por las variables introducidas al programa. El total de puntos usados para el modelo fueron 23 y para su validación 45 registros son actuales obtenidos en campo durante este trabajo y 20 de colecciones. El porcentaje de los registros que caen dentro del área de predicción en los diez mejores modelos fue del 64.6%.

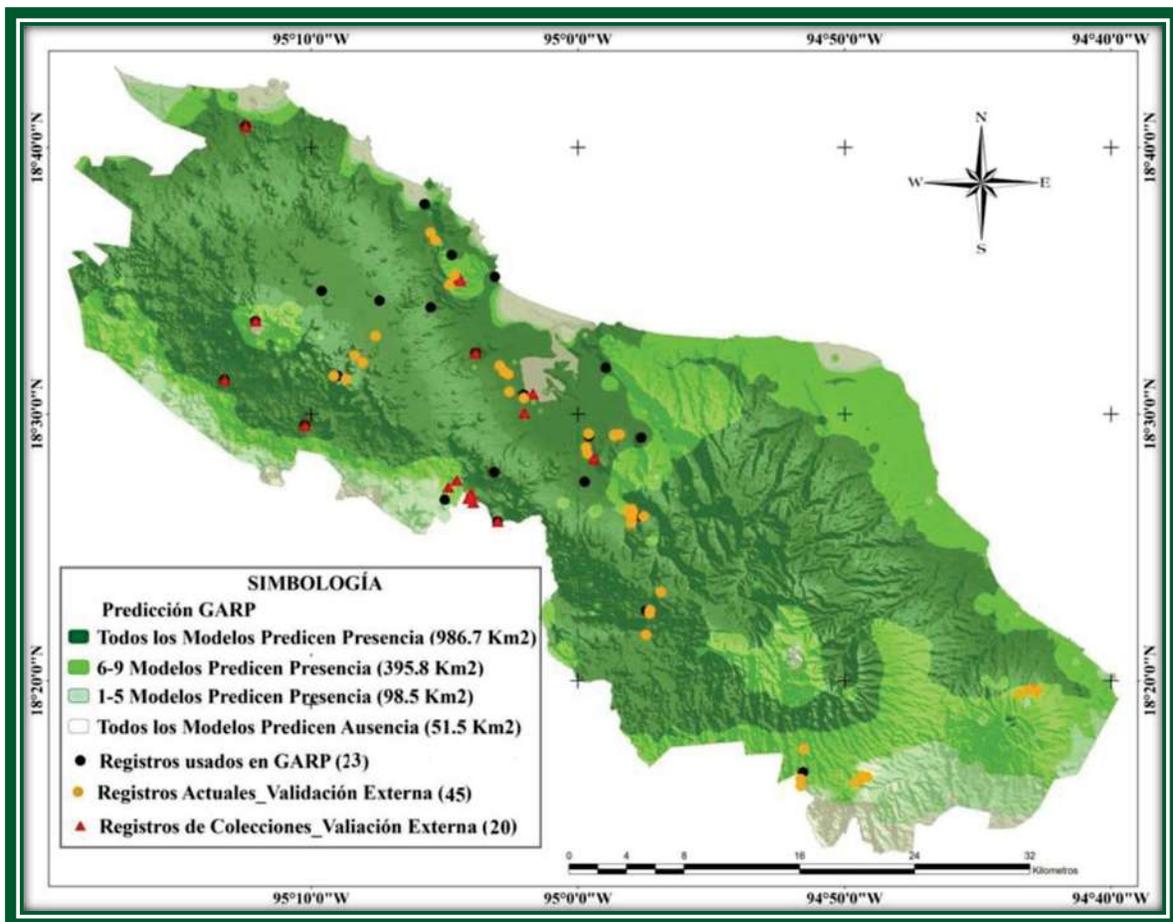


Figura 6. Mapa que nos muestra la distribución potencial de *Ortalis vetula* y registros obtenidos en campo y de colecciones para la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas.

8.3 ANÁLISIS DE LOS MODELOS

I) Análisis de la distribución potencial en base a las variables de temperatura y precipitación para las especies de tinámidos.

Tinamus major

En el análisis de las variables de temperatura media anual y la precipitación anual (de la reserva y del área de los proyección de los 10 mejores modelos) se muestra que la especie de T. mayor se encuentra en solo una parte de área de la reserva, la cual se restringe ambientalmente a una temperatura que va de 18 a 25 °C con una precipitación de 2100 a 3750 mm, lo que nos indica que en esos rango se puede encontrar la especie (Fig. 7).

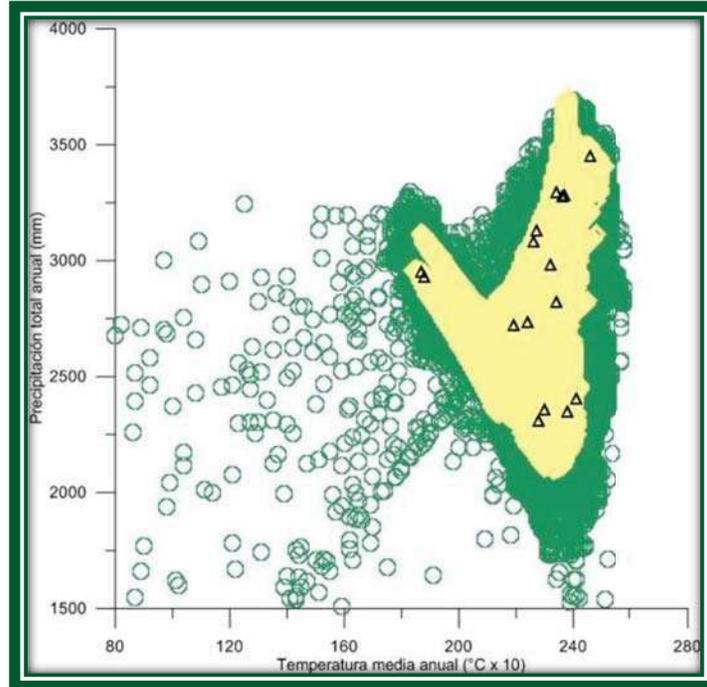


Figura 7. Visualización bidimensional del nicho ecológico de *Tinamus major*, (considerando la relación entre temperatura media anual y precipitación) en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas. (La combinación de predicción habitable de la especie se muestra en rombos amarillos: los registros de campo en triángulos negros.

Crypturellus cinnamomeus

En la relación entre temperatura media anual y la precipitación anual, se muestra que la especie de *C. cinnamomeus* se encuentra en solo una parte de área de la reserva, la cual se restringe ambientalmente a una temperatura que va de 22 a 25 °C con una precipitación de 2150 a 3500 mm, lo que nos indica que en esas condiciones se puede encontrar a la especie (Fig. 8).

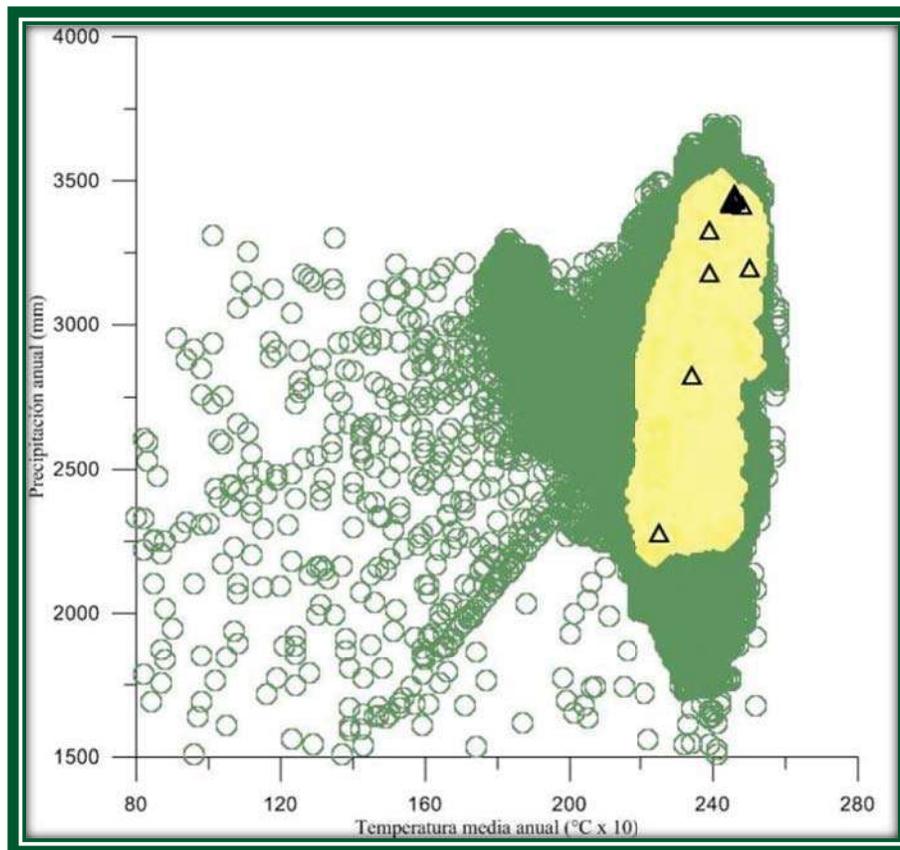


Figura 8. Visualización bidimensional del nicho ecológico de *C. cinnamomeus* (considerando la relación entre temperatura media anual y precipitación) en la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas. (La combinación de predicción habitable de la especie se muestra rombos amarillos: los registros de campo en triángulos negros).

Crypturellus boucardi

La especie *C. boucardi* en el análisis de las variables de temperatura media anual y la precipitación anual, muestra que se encuentra en sólo una parte de área de la reserva, la cual se restringe ambientalmente a una temperatura que va de 17 a 25.7 °C con una precipitación de 2100 a 3750 mm, lo que nos indica que en esos rango puede encontrarse la especie (Fig. 9).

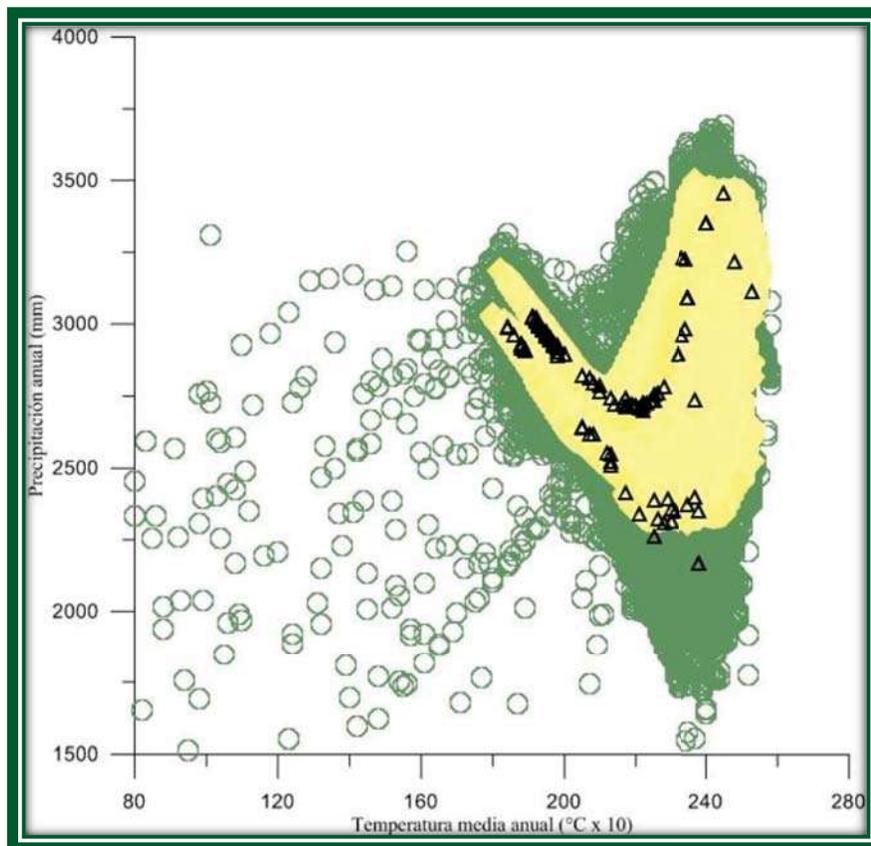


Figura 9. Visualización bidimensional del nicho ecológico de *C. boucardi*, (considerando la relación entre temperatura media anual y precipitación) en la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas. (La combinación de predicción habitable de la especie se muestra en rombos amarillo: los registros de campo en triángulos negros).

Diagnóstico de las especies de Tinamidae y Cracidae, en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz

Finalmente se realizó la combinación temperatura media anual y el modelo digital de elevación (Fig. 10 A) en donde se puede observar que de las tres especies de estudio sólo *C. cinnamomeus* se restringe a una temperatura de 22 a 26 °C y de 0 a 1000 msnm, y en la relación entre precipitación media anual y el modelo digital de elevación (Fig. 10 B), nuevamente se ve la restricción de la misma especie en este caso sólo en la elevación, ya que en la precipitación comparte los mismos rangos con las otras dos especies.

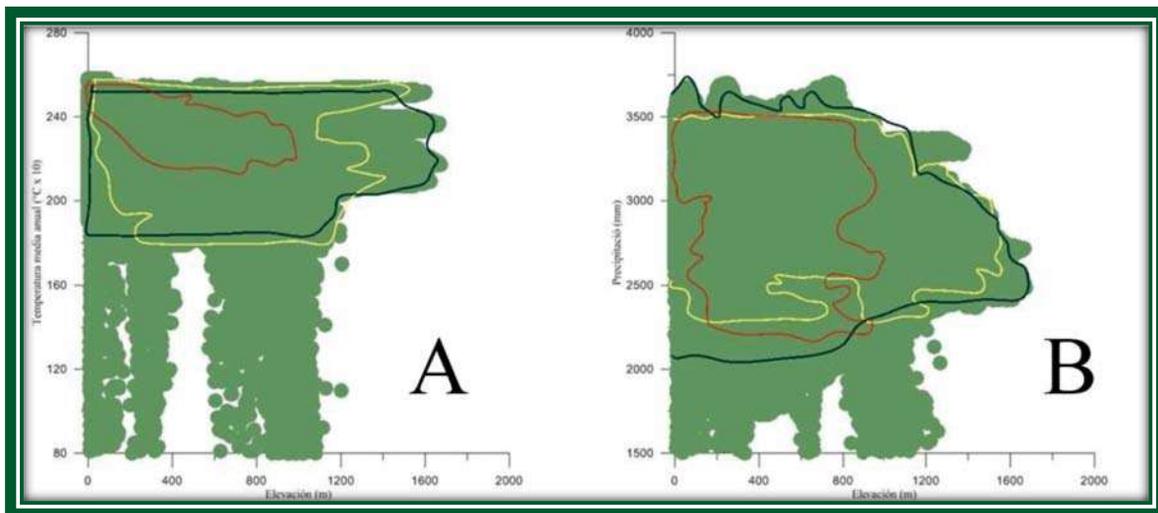


Figura 10. Visualización bidimensional del nicho ecológico de la familia Tinamidae (considerando la relación entre temperatura media anual y elevación [A], precipitación anual y elevación [B]) en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas. (La combinación de predicción habitable de cada especie se muestra en línea amarilla [Tima], línea roja [Craci] y línea verde [Crbo]).

III) Análisis de la distribución potencial en base a las variables de temperatura y precipitación para las especies de crácidos.

Crax rubra

En la relación entre temperatura media anual y la precipitación anual (de la reserva y del área de los proyección de los 10 mejores modelos) se muestra que la especie de *C. rubra* se encuentra en una parte de área de la reserva, la cual se restringe ambientalmente a una temperatura que va de 16.8 a 25 °C con una precipitación de 2100 a 3550 mm, lo que nos indica que en esos rango puede encontrarse la especie (Fig. 11).

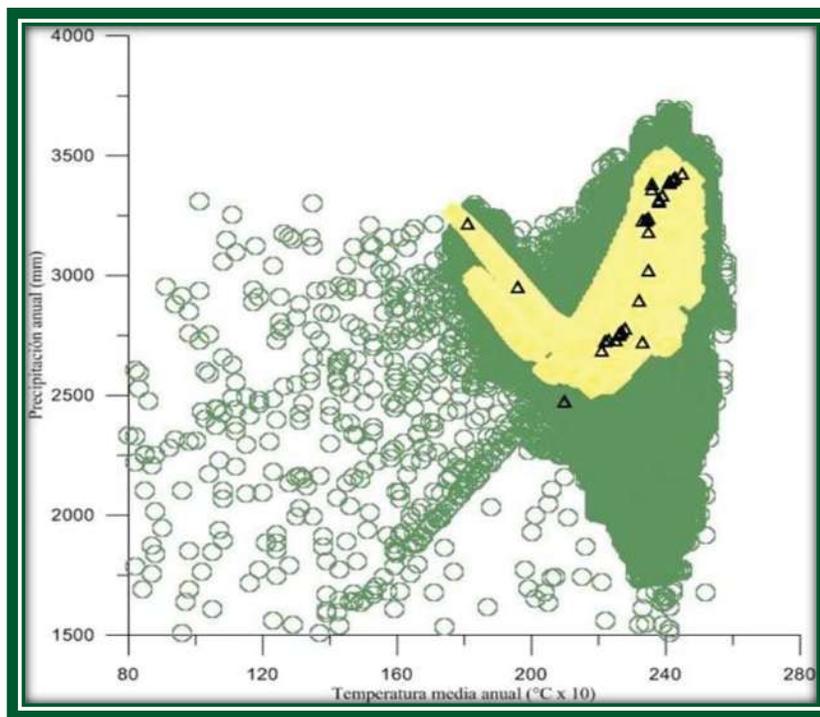


Figura 11. Visualización bidimensional del nicho ecológico de *C. rubra* (considerando la relación entre temperatura media anual y precipitación) en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas. (La combinación predicción habitable de la especie se muestra en rombos amarillos: los registros de campo en triángulos negros).

Penelope purpurascens

La especie *P. purpurascens* se encuentra en sólo una parte de área de la reserva, la cual se restringe ambientalmente a una temperatura que va de 18 a 23.8 °C con una precipitación de 2500 a 3050 mm, rangos en los que puede estar presente la especie, según el análisis de las variables de temperatura media anual y la precipitación anual en la proyección de los diez mejores modelos (Fig. 12).

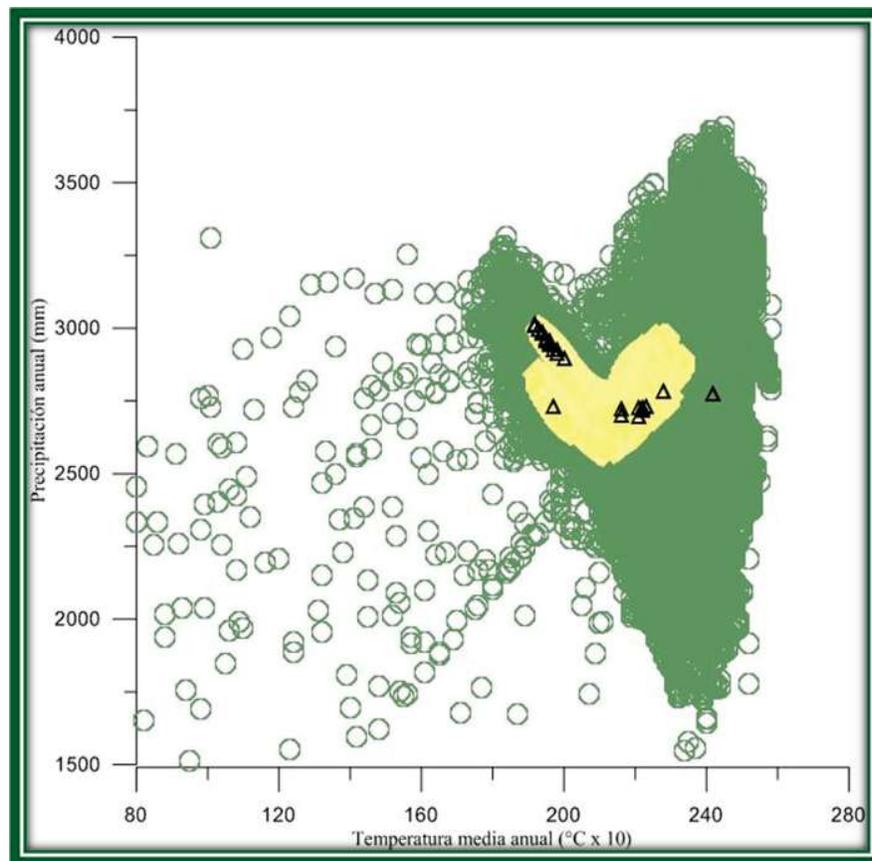


Figura 12. Visualización bidimensional del nicho ecológico de *P. purpurascens* (considerando la relación entre temperatura media anual y precipitación) en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas. (La combinación de predicción habitable de la especie se muestra en rombos amarillos: los registros de campo en triángulos negros).

Ortalis vetula

En el análisis de las variables de temperatura media anual y la precipitación anual (de la reserva y del área de los proyección de los 10 mejores modelos) se muestra que la especie de *O. vetula* se encuentra en solo una parte de área de la reserva, la cual se restringe ambientalmente a una temperatura que va de 18 a 23.8 °C con una precipitación de 2500 a 3050 mm, siendo estos los rangos en los que se puede encontrar la especie (Fig. 13).

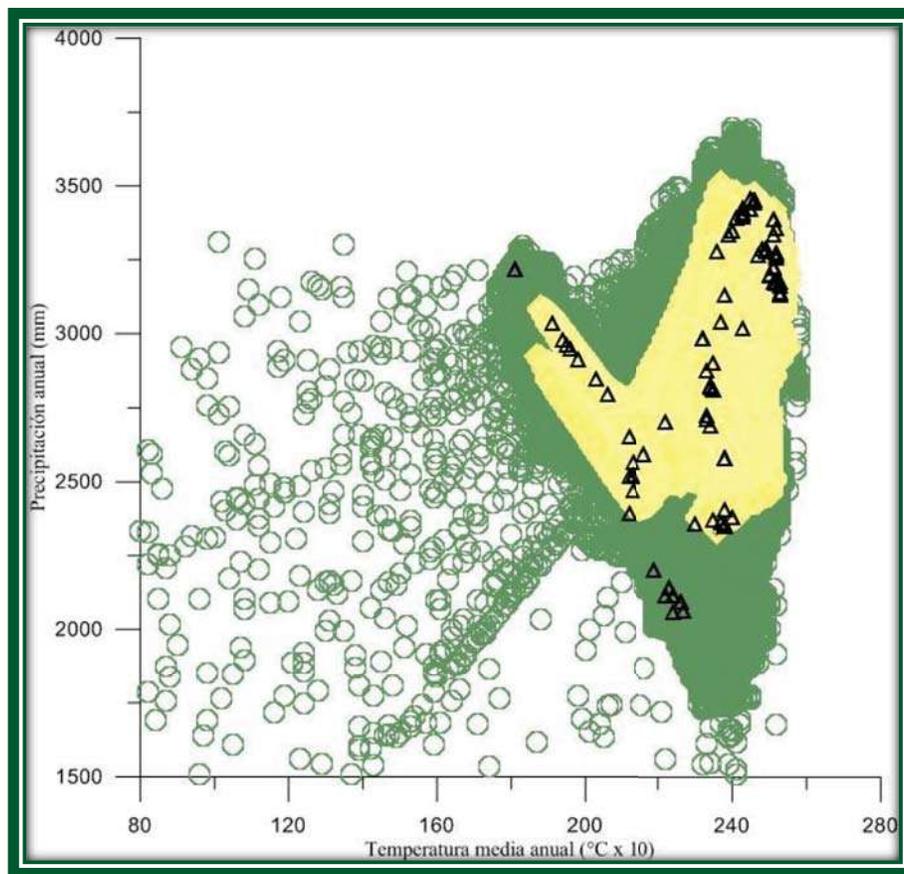


Figura13. Visualización bidimensional del nicho ecológico de *O. vetula* (considerando la relación entre temperatura media anual y precipitación) en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas. (La combinación de predicción habitable de la especie se muestra en rombos amarillos: los registros de campo en triángulos negros).

Diagnóstico de las especies de Tinamidae y Cracidae, en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz

Finalmente se realizó la combinación del temperatura media anual y modelo digital de elevación (Fig. 14 A), la que nos muestra que de las tres especies de crácidos, *P. purpurascens* se encuentra restringida a una temperatura de 19 a 23.5 °C y elevación de 370 a 1200 msnm en cuanto a la combinación de precipitación media anual con el modelo digital de elevación (Fig. 14 B), nuevamente se ve la restricción en la precipitación de 2500 a 3500 mm y en la elevación de los 200 a 1350 msnm.

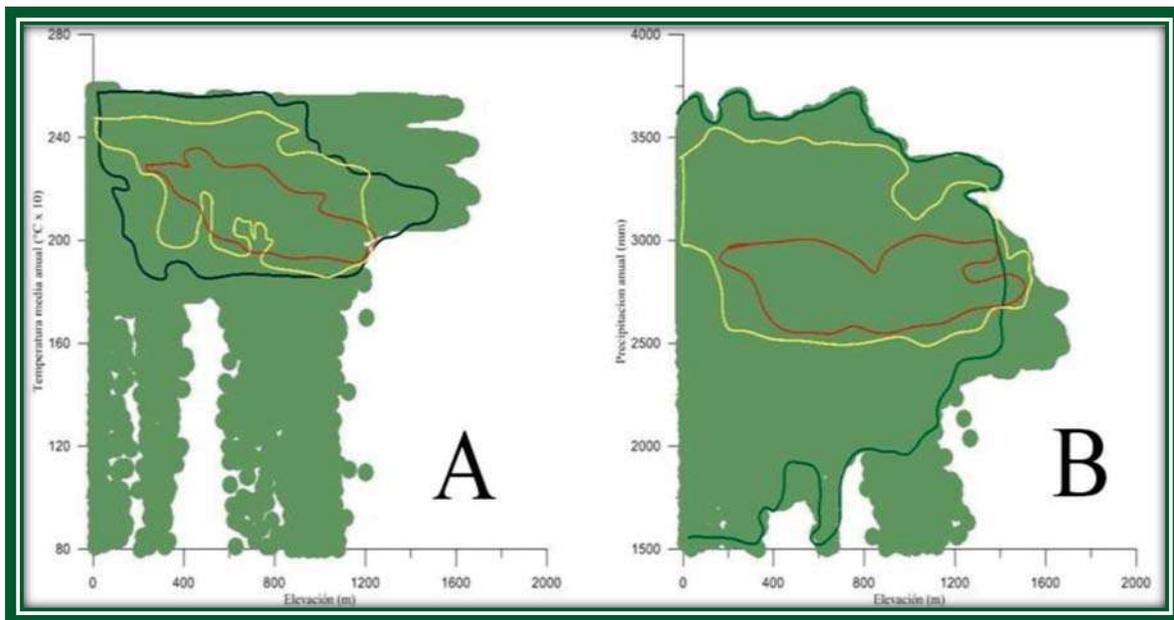


Figura 14. Visualización bidimensional del nicho ecológico de la familia Cracidae (considerando la relación entre temperatura media anual [A] y elevación, precipitación anual con elevación [B]) en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas. (La combinación de predicción habitable de cada especie se muestra en línea amarilla [Crru], línea roja [Pepu] y línea verde oscuro [Orve]).

9. DISCUSIÓN

En la actualidad, el uso de los modelos de nicho ecológico es una herramienta importante, ya que en la mayoría de los casos se desconoce o se tiene una idea vaga de la distribución espacial de las especies, en especial cuando se trata de especies difíciles de observar en campo, como es el caso de nuestras especies de estudio.

Para el caso específico de la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas no existen trabajos relacionados con el estudio de distribución de las especies de la familia Tinamidae y Cracidae, salvo el trabajo de Navarro y Peterson (2007), quienes modelaron para todas las especies de ambas familias en todo México, proyectando incluso presencia de las mismas en nuestra área de estudio. Sin embargo, nuestro trabajo fue realizado a una escala más fina, lo que permitió encontrar que la distribución de las especies de estas familias se restringen al centro de la reserva, cerca de las zonas núcleo (San Martín Tuxtlas, Sierra de Santa Marta y San Martín Pajapan). Consideramos que los factores que influyeron en la discrepancia de los resultados son: la escala a la que se trabajó, (trabajaron a nivel regional y nosotros a nivel local), otro factor es el ambiental ya que su trabajo manejan 15 variables (climáticas y derivados del modelo digital de elevación) y además usaron registros de diferentes fuentes de información, y para este trabajo se utilizaron variables no correlacionadas y datos actuales obtenidos en campo y de la base de GBIF (con registros de 2009 a 2011), además de que en este trabajo se usaron variables a una resolución de 30 m, permitiendo detectar patrones de distribución no observables en trabajos previos.

En el caso específico de la familia Tinamidae encontramos que *C. cinnamomeus* fue el tinamú que presentó el área de distribución geográfica más restringida, esta restricción geográfica se correlacionan a niveles de precipitación y altitud menores en comparación con las otras dos especies, lo que significa que puede significar que sus requerimientos ambientales son más específicos, además de que esta especie se encontró exclusivamente en BTP. Algo similar ocurrió con las especies de la familia Cracidae donde *P. purpurascens* fue la especie que tubo una mayor restricción tanto en su área de distribución geográfica como en las condiciones ambientales en que se encuentra, ya que tuvo intervalos menores de temperatura y precipitación y se encontró en tipos de vegetación conservados de BMM y BTP. Mientras que los registros proyectados en el modelo nos muestran que no ocupa todo el nicho ecológico, los puntos tienen dos concentraciones, en temperatura y precipitación, aquí se cree que puede influir la altitud y la vegetación por la disponibilidad de alimento.

Para *T. major* su distribución principalmente se encuentra en las zonas núcleo de San Martín Tuxtlas y Sierra de Santa Marta y en una menor proporción en San Martín Pajapan (Fig. 2), en cuanto al análisis del espacio ecológico del modelo de distribución (Fig. 8), se observa que la especie ocupa intervalos estrechos de temperatura y precipitación, pero de manera no tan notoria como *C. cinnamomeus*, quizá la restricción se asocie al tipo de vegetación en los que habita la especie, el bosque tropical perennifolio (BTP) y el bosque mesófilo de montaña (BMM). *C. boucari* fue la especie que tuvo una distribución más amplia (Fig. 4) ocupando más de la mitad de la superficie de la reserva, principalmente en

las tres áreas núcleo. Mientras que su preferencia ambiental, en comparación con las otras dos especies, se encuentra en un rango más amplio de temperatura, pero en la precipitación es similar a *T. major*, y mayor en comparación con *C. cinnamomeus*. Los registros de presencia de *C. boucardi* muestran, a través del modelo generado, que su distribución y sus rangos climáticos coinciden con el BTP y BMM, lo que coincide con lo mencionado por Del Hoyo *et al* (1994) y Howell y Webb (1995).

En el caso de la Cracidae la distribución potencial y ambiental de *Crax. rubra* es un poco más amplia en comparación con la de *P. purpurascens*, coincidiendo con los rangos del BTP y BMM, de acuerdo a lo reportado por Winker (1997).

Para *O. vetula* su distribución potencia es más amplia comparada con las otras dos especies mencionadas anteriormente. Su distribución se concentra principalmente en las zonas núcleo (San Martín Tuxtla, Sierra de Santa Marta y Volcán de San Martín Pajapan).

10. CONCLUSIONES

Con los datos obtenidos en campo y los registros de colecciones científicas, fue posible realizar modelos de nicho ecológico de las especies, para obtener la distribución potencial de las mismas a una escala relevante para la región de estudio, lo cual es un aporte de este trabajo. Adicionalmente, los modelos nos permitieron hacer algunas inferencias acerca de las condiciones ambientales en las que las especies se encuentran, lo cual es relevante si se desea plantear medidas de conservación.

Un aspecto que resalta de este trabajo es que para realizar el modelaje de la distribución potencial de especies en áreas relativamente pequeñas, como la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, la escala disponible para las variables ambientales requeridas, no es suficientemente fina para representar de manera adecuada el nicho ecológico de las especies, razón por la cual en este trabajo se busco la estrategia que permitiera obtener variables a una resolución adecuada para el estudio. Sin embargo, este es un aspecto que aun debe de ser investigado a fondo, porque es un problema constante en la aplicación de estas herramientas de modelaje.

En lo referente a la robustez de los modelos, la evaluación que se hizo de ellos, muestra que son adecuados pues todos pudieron predecir, a diferentes niveles, los conjuntos de datos que se separaron para ese fin. No obstante, se debe de prestar atención a aquellas especies que por su naturaleza, es difícil de obtener datos de presencia suficientes para separar dos conjuntos de ellos que permitan hacer una evaluación más convencional, de acuerdo a lo

Diagnóstico de las especies de Tinamidae y Cracidae, en la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas, Veracruz

que la literatura marca como estándar. Este es otro aspecto que requiere de investigación en lo referente al desarrollo de técnicas que permitan realizar una evaluación estadística adecuada de los modelos, cuando existen pocos datos de presencia.

11. RECOMENDACIONES

- ☞ Es necesario se tenga un monitoreo constante de las especies de Tinamidae y Cracidae, debido a que son especies que se encuentran amenazadas, son poco abundantes y algunas de ellas específicas de ciertos ambientes.

- ☞ Es importante realizar trabajos referentes a la dinámica del cambio de uso del suelo en la zona, debido al impacto que este tiene en la supervivencia de las especies, al destruirse su hábitat y a la consecuente fragmentación del mismo. Por tanto, es necesario realizar un estudio en donde se evalué la conectividad de los fragmentos de hábitat, con la finalidad de establecer corredores que permitan el movimiento de las especies en la Reserva, pues la impresión que se tiene por los resultados de este trabajo, es que las poblaciones se encuentran separadas dentro de una matriz compleja de fragmentos, que se podrían comparar con un conjunto de islas, cuyo tamaño se reduce cada vez más.

12. LITERATURA

- Anderson, R. P., A. T. Peterson, and M. Gómez-Laverde. 2002. Using niche-based GIS modelling to test geographic predictions of competitive exclusion and competitive release in South American pocket mice. *Oikos* 98:3-16.
- Anderson, R. P., and E. Martínez-Meyer. 2004. Modeling species' geographic distributions for preliminary conservation assessments: an implementation with the spiny pocket mice (*Heteromys*) of Ecuador. *Biological Conservation* 116:167-179.
- Anderson, R. P., D. Lew, and A. T. Peterson. 2003. Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling* 162:211-232.
- Anderson, R. P., Gómez-Laverde, M. and A. Townsend Peterson. 2002. Geographical distributions of spiny pocket mice in South America: insights from predictive models. *Global Ecology & Biogeography* 11: 131-141.
- AOU. 1998. "Check-list of North American birds". 7^a ed. Supplement 50. American Ornithologists Union. Lawrence, KA.
- Beyer, H. L. 2004. Hawth's Analysis Tools for ArcGIS. Available at <http://www.spatial ecology.com/htools>.
- Chefaoui, R. M., J. Hortal, and J. M. Lobo. 2005. Potential distribution modelling, niche characterization and conservation status assessment using GIS tools: a case study of Iberian *Copris* species. *Biological Conservation* 122:327-338.
- CONANP SEMARNAT 2006. Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Primera edición. pp 296. México D.F.

- Fausch, K.D., Torgersen, C.E., Baxter, C.V. y Li, H.W. 2002. Landscapes to riverscapes: bridging the gap between research and conservation of stream fishes. *Bioscience* 52: 483–498.
- Ganeshiah, K. N., N. Barve, N. Nath, K. Chandrashekar, M. Swamy, and R. U. Shaankar. 2003. Predicting the potential geographical distribution of the sugarcane woolly aphid using GARP and DIVA-GIS. *Current Science* 85:1526-1528.
- Graham, C. H., S. Ferrier, F. Huettman, C. Moritz, and A. T. Peterson. 2004. New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis. *TRENDS in Ecology and Evolution* 19:497-503.
- Guisan, A., and N. E. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135:147-186.
- Guisan A. y W. Thuiller. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* 8: 993–1009.
- Guevara S., J. Laborde y G. Sánchez-Ríos. 2004. Los Tuxtlas. El Paisaje de la sierra. Instituto de Ecología, A.C. y Unión Europea. Xalapa, Ver., 288 pp.
- Hampe, A. (2004) Bioclimatic models: what they detect and what they hide. *Global Ecology and Biogeography*, 11, 469–471.
- Hijmans, R. J., S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones, and A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25:1965-1978.
- Hirzel, A. H., J. Hausser, D. Chessel, and N. Perrin. 2002. Ecological-Niche Factor Analysis: How to compute habitat-suitability maps without absence data? *Ecology* 83: 2027-2036.

- Holloway, G. J., G. H. Griffiths, and P. Richardson. 2003. Conservation strategy maps: a tool to facilitate biodiversity action planning illustrated using the heat fritillary butterfly. *Journal of Applied Ecology* 40:413-421.
- Howell S. N. G. y S. Webb. 1995. *A Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press.
- Ibarra-Manriquez G., Martínez-Ramos M., Dirzo R. y Nuñez-Farfan J. 1997. La vegetación. Pp.. *In* E. González-Soriano, R. Dirzo & R. C. Vogt (eds.). *Historia Natural de Los Tuxtlas*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Illoldi, P. y T. Escalante. 2008. De los modelos de nicho ecológico a las áreas de distribución geográfica. *Biogeografía* 3: 7 -12.
- Illoldi-Rangel, P., V. Sánchez-Cordero, and A. T. Peterson. 2004. Predicting distributions of Mexican mammals using ecological niche modeling. *Journal of Mammalogy* 85:658-662.
- Lehmann, A., J. M. Overton, and J. R. Leathwick. 2002. GRASP: generalized regression analysis and spatial prediction. *Ecological Modelling* 157:189-207.
- Loiselle B A, P M Jorgensen, T Consiglio, I Jiménez, JC Blake. 2008. Predicting species distributions from herbarium collections: Does climate bias in collection sampling influence model outcomes? *Journal of Biogeography* 35: 105-116.
- Leopold, A. S. *Fauna Silvestre de México*. 1959. Editorial Pax. México.
- Losos, J. B., M. Leal, R. E. Glor, K. Queiroz, Hertz, P. E., L. Rodriguez Schettino, A. Chamizo Lara, T. R. Jacman, and A. Larson. 2003. Niche lability in the evolution of a Caribbean lizard community. *Nature* 424:542-545.

- Luoto, M., Poyry, J., Heikkinen, R.K. & Saarinen, K. (2005) Uncertainty of bioclimate envelope models based on the geographical distribution of species. *Global Ecology and Biogeography*, 14, 575–584.
- Martínez-Morales M. A. 2007. Avifauna del Bosque Mesófilo de Montaña del Noreste de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78:149-162.
- Navarro, A. G. & A. T. Peterson (2007) Tinamus major (tinamú mayor) residencia permanente. Distribución potencial. Extraído del proyecto CE015: Mapas de las aves de México basados en www. Museo de Zoología, Facultad de Ciencias, UNAM & University of Kansas, Museum of Natural History. Financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.
- Pearson R. G, C. J. Raxworthy, M Nakamura & A. T. Peterson. 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: A test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography* 34: 102-117.
- Pearson R G, T. P Dawson and C. Liu. 2004. Modelling species distributions in Britain: a hierarchical integration of climate and land-cover data. *Ecography* 27:285-298.
- Peterson, A. T. 2003. Predicting the geography of species invasions via ecological niche modeling. *The Quarterly Review of Biology* 78:419-433.
- Peterson A. T. and A. S. Nyári. 2007. Ecological niche conservatism and Pleistocene refugia in the thrush-like mourner, *schiffornis* sp., in the neotrópicos. *Evolution* 62-1:173-183
- Peterson, A. T. and C. R. Robins. 2003. Using ecological-niche modeling to predict barred owl invasions with implications for spotted owl conservation. *Conservation Biology* 14:1162-1165.

- Peterson, A. T., Sánchez-Cordero, V., Martínez-Meyer, E. and A. G. Navarro-Sigüenza. 2006. Tracking population extirpations via melding ecological niche modeling with land-cover information. *Ecological Modelling* 195:229–236.
- Phillips, S., R. Anderson y R. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distribution. *Ecological Modelling* 190:231-259.
- Robertson, M. P., M. H. Villet, and A. R. Palmer. 2004. A fuzzy classification technique for predicting species' distributions: applications using invasive alien plants and indigenous insects. *Diversity and Distributions* 10:461-474.
- Rowe, R. J. 2005. Elevational gradient analyses and the use of historical museum specimens: a cautionary tale. *Journal of Biogeography* 32:1883-1897.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México.
- Soberón, J., and A. T. Peterson. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics* 2:1-10.
- Stockwell, D. R. B., and A. T. Peterson. 2002. Effects of sample size on accuracy of species distribution models. *Ecological Modelling* 148:1-13.
- Stotz, D.F., Fitzpatrick, J.W., Parker III, T.A., Moskovits, D.K., 1996. *Neotropical Birds. Ecology and Conservation*. University of Chicago Press. Chicago.
- Swenson, N. G. 2005. GIS based niche models reveal unifying climatic mechanisms that maintain the location of avian hybrid zones in a North American suture zone. *Journal of Evolutionary Biology* 19:717-725.
- Thomas, C. D., A. Cameron, R. E. Green, M. Bakkenes, L. J. Beaumont, Y. C. Collingham, B. F. N. Erasmus, M. Ferreira de Siqueira, A. Grainger, L. Hannah, L. Hughes, B. Huntley, A. S.

van Jaarsveld, G. F. Midgley, and A. T. Peterson. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427:145-148.

Thuiller, W., S. Lavorel, and M. B. Araujo. 2005. Niche properties and geographical extent as predictors of species sensitivity to climate change. *Global Ecology and Biogeography* 14:347-357.

Wiens, J. J., and C. H. Graham. 2005. Niche Conservatism: Integrating Evolution, Ecology, and Conservation Biology. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 36:519-539.

Winker K. 1997. Introducción a las aves de los Tuxtlas. Pp 533-540. *In* Soriano. E. González, R. Dirzo & R. C. Vogt (eds.). *Historia Natural de los Tuxtlas*. Universidad Nacional Autónoma de México.

WORLDCLIM. Capas de variables climáticas formato raster. En: www.worldclim.org.