

**Informe final\* del Proyecto PJ016**  
**Diversidad de grupos selectos de flora (Magnoliopsida: Malvales, Sapindales, Fabales, Laurales, Solanales y Caryophyllales) y fauna (Lepidoptera, Diptera, Odonata, Amphibia, Reptilia, Aves y Mammalia) del APFF Boquerón de Tonalá, Oaxaca, México\***

**Responsable:** Dr. Adrián Nieto Montes de Oca  
**Institución:** Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Departamento de Biología  
Museo de Zoología "Alfonso L Herrera"  
**Dirección:** Av. Universidad # 3000, Ciudad Universitaria, Coyoacán, México, 04510, Ciudad de México  
**Correo electrónico:** [anmo@hp.fciencias.unam.mx](mailto:anmo@hp.fciencias.unam.mx)  
**Teléfono/Fax:** Tel: 622 4825, 622 4832 Fax: 622 4828  
**Fecha de inicio:** Mayo 31, 2017.  
**Fecha de término:** Junio 4, 2019.  
**Principales resultados:** Base de datos, fotografías, informe final.  
**Forma de citar\*\* el informe final y otros resultados:** Trujano-Ortega, M., García-Vázquez, U. O., Ávalos-Hernández, O. y A. Nieto Montes de Oca. 2019. Diversidad de grupos selectos de flora (Magnoliopsida: Malvales, Sapindales, Fabales, Laurales, Solanales y Caryophyllales) y fauna (Lepidoptera, Diptera, Odonata, Amphibia, Reptilia, Aves y Mammalia) del APFF Boquerón de Tonalá, Oaxaca, México. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. **Informe final SNIB-CONABIO, Proyecto No. PJ016.** Ciudad de México

**Resumen:**

El APFF Boquerón de Tonalá está ubicada en la región de la Mixteca, que se encuentra en el noreste de Oaxaca y pertenece a la Depresión del Balsas en su porción más sureña. La región presenta en su mayor parte vegetación de selva baja caducifolia, la cual es importante para México por sus endemismos y por ser el segundo ambiente más extenso en el país, después del matorral xerófilo. La diversidad y proporción de endemismos conocidas para el estado y para la Mixteca Oaxaqueña de varios grupos taxonómicos, tanto de plantas como de animales, hacen que su estudio sea relevante y prioritario. El conocimiento de la biodiversidad presente en el APFF es heterogéneo: mientras que para vertebrados y algunas plantas vasculares se tienen listas preliminares incompletas, en el caso de los invertebrados, que concentran la mayor diversidad biológica, no se cuenta con ningún estudio o registros publicados. Sin embargo, al comparar la riqueza de especies listadas para el Boquerón de Tonalá con la riqueza en áreas con ambientes similares en otras regiones del país, se reconoce que la diversidad en el APFF debe ser mayor que la registrada, incluso para los grupos mejor conocidos. En este proyecto se pretende realizar un inventario de doce grupos taxonómicos (seis de plantas, tres de insectos y tres de vertebrados) con la finalidad de generar o actualizar las listas de especies de estos grupos en el Boquerón de Tonalá. Para esto se realizarán tres salidas de muestreo a la zona a lo largo del año para registrar el mayor número de especies, incluyendo las que presentan patrones de temporalidad marcada. En estas salidas se reunirán 8000 registros entre ejemplares recolectados y observados, además de registros fotográficos de las especies. Además de las listas, se generará una base de datos y se realizarán análisis básicos de la diversidad encontrada. Esto permitirá identificar las especies endémicas o en alguna categoría de riesgo presentes en el área. La información generada será utilizada para realizar tesis a nivel licenciatura y publicaciones en revistas científicas y de difusión. La importancia de los inventarios biológicos para las áreas donde se realizan exige que estos sean lo más completos posible. Este proyecto busca optimizar los recursos para generar inventarios confiables que sirvan para proyectos posteriores, para la toma de decisiones sobre el manejo del APFF y para la difusión social de la importancia del Boquerón de Tonalá.

- 
- \* El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)
  - \*\* El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

## Resumen

El APFF Boquerón de Tonalá está ubicada en la región de la Mixteca, que se encuentra en el noroeste de Oaxaca y pertenece a la Depresión del Balsas en su porción más sureña. La región presenta en su mayor parte vegetación de selva baja caducifolia, la cual es importante para México por sus endemismos y por ser el segundo ambiente más extenso en el país, después del matorral xerófilo. La diversidad y proporción de endemismos conocidas para el estado y para la Mixteca Oaxaqueña de varios grupos taxonómicos, hacen que su estudio sea relevante y prioritario. El conocimiento de la biodiversidad presente en el APFF es heterogéneo; mientras que para vertebrados y algunas plantas vasculares se tienen listas preliminares incompletas, en el caso de los invertebrados, que concentran la mayor diversidad biológica, no se cuenta con ningún estudio o registros publicados. Sin embargo, al comparar la riqueza de especies listadas para el Boquerón de Tonalá con la riqueza en áreas con ambientes similares en otras regiones del país, se reconoce que la diversidad en el APFF debe ser mayor que la registrada, incluso para los grupos mejor conocidos. En este proyecto se realizó un inventario rápido de seis clases taxonómicas, 61 órdenes, 160 familias, 533 géneros y 860 especies de plantas, insectos y vertebrados, con la finalidad de generar y actualizar las listas de especies de estos grupos en el Boquerón de Tonalá. Para esto se realizaron cuatro salidas a lo largo de un año contemplando las dos estaciones de lluvias y secas. Se reunieron 9757 registros con 10 607 individuos de los grupos taxonómicos de interés, de los cuales 6892 son ejemplares recolectados y 2865 registros observados; donde se incluyen registros para las plataformas aVerAves (1067) y Naturalista (491). El análisis de la diversidad mostró que el esfuerzo de muestreo fue adecuado para cumplir con los objetivos de un inventario taxonómico rápido con un año de recolecta, donde en general se registró el 73% de las especies de los grupos estudiados; sin embargo, hay variación en el porcentaje de completitud de cada grupo. El tipo de vegetación que presentó mayor riqueza específica es la selva baja caducifolia, que además es la vegetación predominante y que se ubica en el intervalo altitudinal medio, entre los 1300 y 1500 msnm. Se sumaron más de 65 registros nuevos de moscas, aves y reptiles para la entidad y 15 de mamíferos para el distrito de Huajuapán de León. Hasta ahora se registran 12 especies nuevas para la ciencia, dos de plantas y 10 de moscas polinizadoras. Se generaron cinco tesis de licenciatura y tres notas científicas de distribución. Este trabajo constituye el primer inventario biológico multitaxonómico para la APFF Boquerón de Tonalá y es una herramienta predictiva para proyectos posteriores, la toma de decisiones sobre el manejo del área y la difusión social de la importancia de la diversidad que alberga. Se sugiere realizar búsquedas dirigidas para aquellas especies raras con densidades poblacionales bajas o muy estacionales.

**Proyecto PJ016**

**Diversidad de grupos selectos de flora (Magnoliopsida: Malvales [Bombacaceae]; Sapindales [Anacardiaceae y Burseraceae]; Fabales [Fabaceae]; Laurales [Lauraceae]; Solanales [Solanaceae]; Caryophyllales [Cactaceae]) y fauna (Lepidoptera [Papilionoidea *sensu lato*]; Diptera [Bombyliidae y Syrphidae]; Odonata; Amphibia; Reptilia; Aves) del APFF Boquerón de Tonalá, Oaxaca, México**

**Responsables técnicos:**

DR. ADRIÁN NIETO MONTES DE OCA  
M. C. MARYSOL TRUJANO ORTEGA  
Facultad de Ciencias  
Universidad Nacional Autónoma de México

M. C. URI OMAR GARCÍA VÁZQUEZ  
Facultad de Estudios Superiores Zaragoza  
Universidad Nacional Autónoma de México

**Asesores Taxonómicos y Colaboradores:**

DR. ENRIQUE GONZÁLEZ SORIANO  
DR. ÁNGEL SALVADOR ARIAS MONTES  
DRA. JENY SOLANGE SOTUYO VÁZQUEZ  
Instituto de Biología  
Universidad Nacional Autónoma de México

DR. OMAR ÁVALOS HERNÁNDEZ  
DR. LUIS ANTONIO SÁNCHEZ GONZÁLEZ  
DRA. LIVIA LEÓN PANIAGUA  
Facultad de Ciencias  
Universidad Nacional Autónoma de México

BIÓL. JOSÉ LUIS REGINO CONTRERAS  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

M. en C. GLADYS ISABEL MANZANERO MEDINA  
Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional  
Unidad Oaxaca

BIÓL. MATÍAS DOMÍNGUEZ LAZO  
Fotografía científica

DR. A. WARREN  
The McGuire Center for Lepidoptera and Biodiversity  
University of Florida

## **Tesistas:**

P. de BIÓL. JULIO CÉSAR FAJARDO ORDUÑA  
P. de BIÓL. MARCO ANTONIO MAYÉN ZARAGOZA  
P. de BIÓL. JEZREEL BARAC RIVADENEYRA FISCAL  
P. de BIÓL. JUAN CARLOS SÁNCHEZ GARCÍA  
P. de BIÓL. IRVING DANIEL TORRES MEJÍA  
Biól. Leticia Julio Catarino

Facultad de Ciencias  
Facultad de Estudios Superiores Zaragoza  
Universidad Nacional Autónoma de México

## Agradecimientos

El presente proyecto se llevó a cabo gracias a la participación de un gran número de personas en las diversas etapas del proyecto. Agradecemos a Arturo Arellano Covarrubias, Arturo Olvera Vital, Rocío Guzmán Ojeda, Orlando Joel Espinosa Chávez, Alan Palacios Vázquez, Violeta Monserrat Andrade, Romina Itzel Cervantes Burgos, Grecia Almaguer López, Alan Jhosefat Vázquez Reyna, Rodrigo Gabriel Martínez Fuentes, Carolina Pérez Rojas, Eric Edwin Bravo Ortega y Juan Carlos Bravo Ortega, por su invaluable ayuda durante el trabajo de campo.

A Marco Antonio Martínez Ortiz, representante de la Unión de Propietarios y Poseedores de Tierras del Boquerón de Tonalá A. C.; Rolando Martínez Solano, Regidor de Ecología del Municipio de Santo Domingo Tonalá; Pavel Palacios Chávez, Director del ANP Boquerón de Tonalá; a las autoridades municipales por el apoyo logístico durante los muestreos de campo; y a los señores Jesús Chávez Hernández, Teresa Olivera Jiménez, Maximino Marcos Hernández Ramírez, Gildardo Floriberto Martínez Cirigo, Victoriano Santiago Elena Ponce dueños de los diferentes predios donde se realizaron los muestreos. A Alí Martínez Martínez, por su hospitalidad y apoyo logístico.

Finalmente queremos agradecer a los siguientes investigadores por la identificación en diferentes grupos taxonómicos: Dr. Alfonso Delgado Salinas, Dr. Gerardo Salazar Chávez, Dra. Helga Ochoterena Both, M en C. Itzi Fragoso Martínez, M. en C. Jorge Calónico Soto, M. en C. Leticia Torres Colín, Dra. Martha Martínez Gordillo, Biól. Rosalinda Medina Lemos, Dra. Susana Valencia Ávalos, M. en C. Alejandro Torres Montúfar, M. en C. Mariana Aguilar, Dra. Rosaura Grether González y M. en C. Silvia Zumaya Mendoza.

## **ÍNDICE**

### **I. INTRODUCCIÓN**

### **II. OBJETIVOS**

#### **2.1. Objetivo General**

#### **2.2. Objetivos Particulares**

### **III. ANTECEDENTES**

#### **3.1. Selva Baja Caducifolia de Oaxaca**

#### **3.2. Flora**

#### **3.3 Fauna**

### **IV. MÉTODOS**

#### **4.1. Área de estudio**

#### **4.2. Técnicas de recolecta y determinación taxonómica**

#### **4.3. Permisos de recolecta y colecciones**

#### **4.4 Fotografías**

#### **4.5 Estimación de la riqueza de especies**

### **V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **5.1. Estimación de la riqueza de especies**

#### **5.2. Inventario faunístico**

#### **5.3. Análisis por tipos de vegetación e intervalos altitudinales**

#### **5.4. AverAves**

#### **5.5. Naturalista. Fotografías**

#### **5.6. Formación de recursos humanos**

#### **5.7. Publicaciones**

### **VI. CONCLUSIONES**

### **VII. LITERATURA CITADA**

## I. INTRODUCCIÓN

El estado de Oaxaca es una región geográfica y ecológicamente compleja (Morrone et al., 2002; Llorente-Bousquets et al., 2013), que presenta un conocimiento incompleto de su diversidad como consecuencia de una exploración insuficiente (Luis et al., 2003b; García-Mendoza et al., 2004; Navarro et al., 2004; Luis et al., 2016), por lo que se infiere que existen varias especies cuyo conocimiento de su distribución geográfica es incompleto; además de muchas otras que permanecen desconocidas. La Región de la Mixteca oaxaqueña se ubica al noroeste del estado, y a pesar que es un área que históricamente registra una gran proporción de endemismos (García-Mendoza et al., 2004), aún permanece desconocida. Lo mismo ocurre con el APFF Boquerón de Tonalá, que es una zona semi árida en la porción más sureña de la Depresión del Balsas (CONANP, 2013).

El conocimiento de la biodiversidad presente en el APFF es heterogéneo, tanto taxonómica, como espacial y temporalmente. Los registros de flora y fauna disponibles en las colecciones científicas para el área son nulos o escasos; mientras que para vertebrados y algunas plantas vasculares se tienen listas preliminares incompletas. En el caso de los invertebrados, no existe ningún estudio o registros publicados (García-Mendoza et al., 2004; CONANP, 2013). Sin embargo, al comparar la riqueza de especies reportadas para el Boquerón de Tonalá con la riqueza de otras áreas de selva baja caducifolia en el país, se reconoce que la diversidad en el APFF debe ser mayor que la registrada, incluso para los grupos más conocidos (Rzedowski, 1986; Stotz et al., 1996; Escalante et al., 1998; Ramírez-García y Sarmiento-Cordero, 2004; García-Vázquez et al., 2006; Ríos-Muñoz, 2006; Ávalos-Hernández, 2007; Luna-Reyes et al., 2008; Vázquez et al., 2009; Luna-Reyes et al., 2012).

La modificación acelerada de los ambientes naturales por la que atraviesa el país (CONANP, 2013), así como la falta de atención de grupos hiperdiversos (plantas vasculares, aves e insectos), hace evidente la necesidad de desarrollar estudios faunísticos y florísticos de escala fina, que atiendan prioritariamente las regiones inexploradas que dan muestras de gran riqueza y endemismo.

En este proyecto se realizó un inventario rápido de varios grupos taxonómicos de plantas, insectos y vertebrados con la finalidad de generar y actualizar las listas de especies de estos grupos en el Boquerón de Tonalá. Para ello se realizaron cuatro salidas de muestreo a la zona en un período de un año, que abarca una estación de lluvias y otra seca con el fin de registrar el mayor número de especies en un patrón temporal.

Se registraron 9757 registros con 10 607 individuos de plantas, insectos y vertebrados, que representan seis clases, 61 órdenes, 160 familias, 533 géneros y 860 taxones a nivel específico, de los cuales 6892 son ejemplares recolectados y 2865 registros observados; donde se incluyen registros para las plataformas aVerAves (1067) y Naturalista (491).

El análisis de la diversidad mostró que el esfuerzo de muestreo fue adecuado para cumplir con los objetivos de un inventario taxonómico rápido con un año de recolecta, donde en general se registró el 73% de las especies de los grupos estudiados; sin embargo, hay variación en el porcentaje de completitud de cada grupo. Plantas y Aves presentaron los valores de completitud menores (67 y 65%), debido a que son grupos muy diversos; mientras que, de los grupos de vertebrados menos diversos (Mammalia, Amphibia) se registró más del 90% de las especies del área, incluso el 100% para reptiles. Dentro de los grupos de insectos analizados, sólo Odonata presentó el 90% de especies registradas para la zona ya que es un grupo poco diverso con 38 especies estimadas para el área; en contraste con Diptera y Lepidoptera que representan dos de los órdenes más diversos del planeta y que registraron un buen muestreo con el 83 y 88% de completitud del inventario estimado para la APFF Boquerón de Tonalá.

El análisis por vegetación y altitud mostró que la mayor diversidad se concentra en la selva baja caducifolia y en el estrato medio altitudinal (1300-1550 msnm) y disminuye conforme aumenta la altitud.

El presente inventario contribuyó con una gran cantidad de registros nuevos para la entidad y para la región de la Mixteca Oaxaqueña, así como especies nuevas para la ciencia; entre ellas 60 registros nuevos de moscas, tres de aves y dos de Reptilia para Oaxaca y 15 de mamíferos para el municipio de Santo Domingo Tonalá y para el distrito de Huajuapán de León. En el caso de Odonata y Lepidoptera, se presentan patrones de riqueza específica típica por familias. Se encontraron dos especies nuevas de plantas de los órdenes Fabales y Sapindales (Magnoliopsida) y 10 especies nuevas de moscas (Diptera: Bombyliidae).

Los resultados de este estudio concluyen que se generó un inventario confiable para seis clases de plantas, insectos y vertebrados. Los resultados constituyen una herramienta predictiva para evaluar procesos ecológicos y evolutivos en proyectos posteriores y tomar decisiones sobre el manejo del APFF y su difusión social acerca de la importancia de su diversidad y su vulnerabilidad.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

Describir la diversidad y analizar la distribución geográfica de varios grupos taxonómicos selectos de plantas, insectos y vertebrados, en la APFF Boquerón de Tonalá, Oaxaca, México.

## 2.2. Objetivos Particulares

- Realizar un estudio florístico de plantas (Magnoliopsida) de la APFF Boquerón de Tonalá, Oaxaca, México.
- Realizar un estudio faunístico de artrópodos (Lepidoptera [Papilionoidea *sensu lato*]; Diptera [Bombyliidae y Syrphidae]; y Odonata) y vertebrados (Amphibia; Reptilia; Aves y Mammalia) de la APFF Boquerón de Tonalá, Oaxaca, México.
- Elaborar una base de datos en formato BIOTICA y disponible en el SNIB (curatorial, geográfica, taxonómica y fotográfica).
- Incrementar el conocimiento de la flora y fauna en la porción noroeste de Oaxaca y su representación en las colecciones científicas.
- Incrementar la representación de estos grupos en las plataformas aVerAves y Naturalista.
- Estimar la riqueza de especies de los grupos taxonómicos propuestos en la zona de estudio.
- Generar insumos que aporten información para aplicar el Método de Evaluación de Riesgo (MER, NOM-059-SEMARNAT-2010).
- Describir la distribución altitudinal y por tipo de vegetación de las especies de plantas, artrópodos y vertebrados terrestres en las zonas de estudio.
- Identificar posibles especies no descritas para su publicación posterior en artículos científicos.
- Promover la formación de recursos humanos en el estudio de grupos selectos de plantas, artrópodos y vertebrados terrestres en las zonas semiáridas de México.

## III. ANTECEDENTES

### 3.1 Selva Baja Caducifolia de Oaxaca

La selva baja caducifolia (SBC) ocupa cerca del 12% de la extensión del país (Miranda y Hernández-X, 1963; Trejo y Dirzo, 2000), se encuentra a lo largo de la costa del Pacífico desde el sur de Sonora en su límite más norteño, a lo largo de las faldas bajas y cañones de la vertiente del Pacífico de la Sierra Madre Occidental, en las planicies, llanuras y zonas bajas e inundables de Yucatán y el sur de Veracruz y Tabasco (Challenger y Soberón, 2008). Existen varios trabajos en los que se resalta su relevancia a nivel mundial por la riqueza, abundancia y gran número de especies endémicas que presenta (Stotz et al., 1996; Escalante et al., 1998; Ramírez-García y Sarmiento-Cordero, 2004; García-Vázquez et al., 2006; Ríos-Muñoz, 2006; Ávalos-Hernández, 2007; Luna-Reyes et al., 2008; Vázquez et al., 2009; Luna-Reyes et al., 2012). La mayoría de las especies restringidas a este ambiente se concentran en la Cuenca del Balsas, en la Península de Yucatán y en el noreste de México (González-García y Gómez



de Silva, 2003; Vázquez et al., 2009). Particularmente la Cuenca del Balsas destaca por presentar características fisiográficas que han dado lugar a varios procesos de aislamiento y especiación (Castro-Torreblanca et al., 2014); sin embargo, mucho del conocimiento actual se basa en información limitada, como sucede para el género *Bursera* (Burseraceae) (Miranda, 1947). La región más sureste de la Cuenca del Balsas se ubica en los límites de Oaxaca, Puebla y Guerrero, donde se encuentra la Mixteca Oaxaqueña, que se distingue por tener dos gradientes altitudinales que la dividen en alta (>2000 msnm) y baja (<2000 msnm). La Mixteca incluye a los municipios de Huajuapán de León, Silacayoapan, Santo Domingo Tonalá, gran parte de Santiago Juxtlahuaca, y pequeñas porciones de Tlaxiaco, Asunción de Nochixtlán y Coixtlahuaca, entre otros.

Oaxaca se encuentra entre los estados de mayor riqueza y endemismo para diversos grupos taxonómicos (García-Mendoza et al., 2004). La gran heterogeneidad que presenta en relieve, clima y suelo, explican los 26 tipos de vegetación que registra (Torres Colín, 2004). Sin embargo, solo algunos ambientes mesomontanos (Luis et al., 2016) o regiones muy localizadas como el Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Medina-Lemos y Fonseca, 2009; Lorea-Hernández y Jiménez-Pérez, 2010; Arias et al., 2012) son bien conocidos; no así otras zonas tropicales, áridas y semiáridas como la selva baja caducifolia. En Oaxaca, la selva baja caducifolia se distribuye en diversas regiones del istmo de Tehuantepec, los Valles Centrales y la región Mixteca Alta, la Depresión del Balsas, Sierra Madre del Sur, Planicie Costera del Pacífico y Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Torres Colín, 2004).

Las condiciones fisiográficas y ecológicas del estado favorecen la presencia de especies raras (probablemente incluyendo algunas por descubrir) ya que en sus cadenas montañosas y valles existen poblaciones de organismos que están totalmente aisladas y rodeadas de ambientes muy diferentes a los que habitan. Tal es el caso del Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) Boquerón de Tonalá, cuya área contiene y protege a la selva baja caducifolia (Miranda y Hernández-X, 1963), el bosque de encino (*Quercus* spp.), el matorral xerófilo y el bosque de galería (CONANP, 2013). Estas asociaciones vegetales presentan especies estenoecas, que muchas veces suelen ser endémicas y estar en peligro de extinción debido a sus requerimientos tan particulares; a su vez estas especies aumentan el componente beta de la diversidad, al generar valores de recambio altos (Challenger y Soberón, 2008). No obstante, la cobertura de estos tipos de vegetación, en especial la selva baja caducifolia, disminuye rápidamente debido a las actividades humanas (Burgos y Maass, 2004; Vázquez et al., 2009). A pesar de la modificación de estas comunidades vegetales, en los últimos cinco años se han descrito algunas especies con distribución restringida a la región Mixteca oaxaqueña (Zumaya et al., 2013), lo que indica que el conocimiento de la diversidad que se tiene en la zona aun es incompleto y aumentará todavía más en función de los estudios que se realicen.

La flora del estado de Oaxaca es de las más diversas del país. Recientemente se publicó un inventario para el estado que incluye 8903 especies de plantas vasculares (García-Mendoza y Meave, 2011). De acuerdo con Meave et al. (2012), a partir de las cifras regionales publicadas para las distintas áreas de SBC en Oaxaca, se estima que existen alrededor de 3000 especies, lo cual significa que este ecosistema alberga un poco más de la tercera parte de la flora del estado y prácticamente 10% de las 29 000 especies de angiospermas estimadas para México (Villaseñor, 2003).

Actualmente, la APFF Boquerón de Tonalá cuenta con un conocimiento heterogéneo de su biodiversidad, ya que existen listas preliminares incompletas. En cuanto a su flora, se reportan 285 especies que pertenecen a 190 géneros y 76 familias, de las cuales los grupos más destacados son Fabaceae, que es la mejor representada con 48 especies, seguida de Rubiaceae con 12 spp.; Burseraceae y Sapindaceae con 12 spp. cada una; Asteraceae con 11 spp.; Cactaceae y Boraginaceae con 9 spp. cada una; y Agavaceae y Orchidaceae con 7 spp. cada una (CONANP, 2013). Además, siete especies de plantas presentan una categoría de riesgo en la Norma Oficial Mexicana Nom-059-2010 (v. gr. *Mammillaria tonalensis* como amenazada, *Fouquieria ochoteranae*, en peligro de extinción y *Bursera bonetti*, con protección especial) (Serbo, 2009).

En el caso de los vertebrados, se registran 380 especies que pertenecen a aves (279 spp.), mamíferos (61 spp.), reptiles (29 spp.) y anfibios (11 spp.), de las cuales 56 están en alguna categoría de riesgo (v. gr. *Leopardus wiedii*, en peligro de extinción; *Herpailurus yagouaroundi*, *Boa constrictor* y *Ctenosaura pectinata*, amenazadas). Es importante reconocer que no hay registros de invertebrados, en especial de artrópodos, a pesar que constituyen la forma de vida dominante en el planeta.

A pesar de la importancia de Oaxaca, la zona de interés en la Mixteca oaxaqueña ha recibido poca o ninguna atención en las últimas dos décadas en cuanto al estudio de varios grupos biológicos (García-Mendoza et al., 2004; CONANP, 2013; Luis et al., 2016), por lo que la información disponible es insuficiente para realizar análisis de la biodiversidad que lleven a tomar decisiones certeras acerca del manejo de los recursos y su conservación. Por lo anterior, es relevante llevar a cabo estudios faunísticos y florísticos en escala fina y en áreas inexploradas con potencial de contener una gran riqueza y endemismos. En este sentido, en este proyecto se realizarán inventarios biológicos en el APFF Boquerón de Tonalá de varios grupos taxonómicos de plantas, vertebrados e insectos.

### 3.2 Flora

Para los grupos de plantas Magnoliopsida incluidos en este proyecto, el plan de manejo de la APFF Boquerón de Tonalá (CONANP, 2013), sólo registra 220 especies de 47 familias, lo que constituye solo el 63% de las 74 familias de interés. De éstas 47 familias, más de la mitad de las especies (134) se concentra en nueve familias:

Fabaceae (50), Rubiaceae (17), Sapindaceae (12), Burseraceae (12); Asteraceae (11), Cactaceae (9), Boraginaceae (9), Orchidaceae (7) y Anacardiaceae (7). Las 38 familias restantes presentan menos de cinco registros y 15 de ellas solo tienen una especie registrada. A pesar de ello, la diversidad registrada de estos grupos en el distrito de Huajuapán y en zonas cercanas con ambientes similares sugiere que estas listas deben actualizarse con un estudio florístico sistemático adecuado. A continuación, se describen algunos de los órdenes que contienen a las familias que se registran hasta ahora como las más diversas.

#### Caryophyllales (Cactaceae)

Este orden incluye tres familias: Cactaceae, Amaranthaceae y Nyctaginaceae; sin embargo, la mayor diversidad se concentra en la primera de ellas.

Las cactáceas son un grupo emblemático de México ya que el 77% de las especies del país son endémicas (Guzmán et al., 2003). Oaxaca es el estado con más endemismos (19 especies) (Hernández et al., 2004), aunque las 118 especies registradas lo colocan en el cuarto lugar de riqueza, superado por San Luis Potosí, Coahuila y Nuevo León (Guzmán et al., 2003). La riqueza de Oaxaca se concentra en tres regiones, el Istmo de Tehuantepec, el Valle de Cuicatlán y la Mixteca Alta, esta es la región contigua a Huajuapán y el Boquerón de Tonalá (Hernández et al., 2004). Dentro de Oaxaca, el distrito de Huajuapán comparte con el de Juchitlán el cuarto lugar de diversidad con 29 especies. De estas, 25 (86%) son endémicas a México o a Oaxaca, e incluso se cuenta con una especie endémica al Boquerón de Tonalá, *Mammillaria tonalensis* (Hernández et al., 2004). De este mismo género en el estado hay 13 especies incluidas en la NOM-059-2010 (Semarnat, 2010) y en total hay 20 especies oaxaqueñas en alguna categoría de protección. Comúnmente esta familia presenta diversidad alta en el matorral xerófilo como en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán donde se registraron 86 especies (Arias et al., 2012). Sin embargo, un estudio en Nochixtlán, al este de Huajuapán y que pertenece a la Mixteca Alta, menciona que el ambiente con mayor diversidad fue la selva baja caducifolia con 26 especies de las 33 registradas, por encima de los otros 10 ambientes muestreados (Aquino y Arias, 2010). Este estudio muestra la importancia de este tipo de vegetación en Oaxaca para la diversidad de Cactaceae.

#### Fabales (Fabaceae)

Este orden incluye dos familias, Polygalaceae y Fabaceae, donde la diversidad se concentra en la última de ellas. Oaxaca es el estado más diverso del país en géneros y especies de leguminosas con 757 especies nativas (40.9%) y 44 especies introducidas; 47 de estas especies nativas son endémicas al estado (Sousa et al., 2004). En el distrito de Huajuapán se tienen 173 especies registradas, aun cuando Sousa et al. (2004) lo enlistan con un nivel de conocimiento "bueno", reconocen que falta información. Se cuenta con cuatro especies endémicas al distrito de Huajuapán (Sousa et al., 2004) y

otras cuatro especies de *Acacia* que son endémicas a la porción de la cuenca del río Balsas de Oaxaca (Rico-Arce, 2001), en la cual se encuentra el Boquerón de Tonalá.

Existen 10 especies de Oaxaca en alguna categoría de riesgo (Sousa et al., 2004), por lo que es una proporción baja de la riqueza; sin embargo, la importancia de esta familia radica en los usos que se le dan. En un estudio de plantas útiles en la Sierra Madre del Sur de Oaxaca la familia Fabaceae fue la que más especies útiles presentó con 48, seguida de Asteraceae con 41 (Luna-José y Rendón-Aguilar, 2008). A esta familia se le dan usos medicinales, comestibles, como leña y en la construcción entre otros. Se debe monitorear la persistencia en los ambientes naturales de estas especies útiles para el humano.

#### Malvales (Bombacaceae)

La diversidad de este orden se concentra en Malvaceae, que es una de las tres familias que incluye (Cytinaceae y Tiliaceae). Por otro lado, se tienen 10 registros de Bombacaceae para Oaxaca en la colección de Instituto de Biología de la UNAM (MEXU). Pagaza y Fernández (2004) citan tres especies de Ceiba (*C. acuminata*, *C. aesculifolia* y *C. parvoflora*) para la región de Oaxaca perteneciente a la cuenca del río Balsas, de un total de seis especies presentes en toda la cuenca.

#### Sapindales (Burseraceae y Anacardiaceae)

Este orden incluye cinco familias, donde Burseraceae y Anacardiaceae son las más diversas, seguidas de Rutaceae y Sapindaceae y Meliaceae. La familia Burseraceae en México se representa principalmente por el género *Bursera* con 45 especies en Oaxaca y cuatro de estas endémicas al estado (Rzedowski y Calderón, 2004). En Oaxaca su diversidad se concentra en las selvas bajas caducifolias particularmente en tres regiones: la cuenca del Papaloapan, la cuenca del río Tehuantepec y la cuenca del Balsas (Rzedowski y Calderón, 2004). El distrito de Huajuapán es el que más especies registradas tiene de todo el estado con 21 registros.

Aun cuando la familia está relativamente bien conocida en el estado y no hay especies en categorías de riesgo, se siguen describiendo taxones nuevos de las selvas bajas caducifolias de la región del Istmo (Rzedowski y Calderón 2002, 2006) y la costa del estado (Medina-Lemos, 2013). Por lo tanto, es necesario seguir explorando este ambiente.

Dentro de los Sapindales, Anacardiaceae presenta una riqueza relativamente baja comparada con las burseras. El conocimiento de esta familia es más escaso e impreciso. Se tienen registradas 16 especies del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Medina-Lemos y Fonseca, 2009). No existen otros estudios formales en Oaxaca de esta familia aun cuando se encuentran algunos árboles de importancia económica, cultivados por los frutos comestibles: *Mangifera indica* (mango), *Spondias purpurea* (ciruelo), *Pistacia vera* (pistache) y *Anacardium occidentale* (nuez de la india o marañón).

### Solanales (Solanaceae)

Este orden se representa por tres familias: Convolvulaceae, Solanaceae y Capparidaceae. La familia Solanaceae presenta una riqueza de especies alta en Oaxaca, sólo superada por la de Chiapas (Rodríguez, 2004). Sin embargo, Oaxaca es el estado con mayor endemismo del país con siete especies endémicas (*Cestrum fulvescens*, *C. galeottianum*, *Physalis aggregata*, *P. constricta*, *P. latecorollata*, *P. philippensis* y *Solanum lesteri*) aunque no cuenta con especies en categorías de riesgo (Martínez et al., 2011). Se tienen registradas 71 especies en la selva baja caducifolias de este estado (Rodríguez, 2004). Al igual que las Fabaceas, las Solanaceas son de las familias con más aplicaciones para el ser humano, principalmente para la alimentación como la papa (*Solanum tuberosum*), los chiles (*Capsicum* spp.), el jitomate (*Solanum lycopersicon*) y el tomate verde (*Physalis philadelphica*) o para recreación como el tabaco (*Nicotiana tabacum*) (Martínez et al., 2011). Aunque también pueden ser malezas como *Nicandra physalodes* y *Nicotiana glauca* que son de origen sudamericano (Rodríguez, 2004). La presencia de estas especies puede indicar disturbio. La diversidad de esta familia y su poco conocimiento en el estado muestra la necesidad de estudios florísticos.

### Lurales (Lauraceae)

Las Lauraceae es una familia relativamente poco diversa en México, la riqueza reconocida en el país es de 130 especies (Lorea-Hernández y Jiménez-Pérez, 2010) pero con cambios frecuentes debido a modificaciones en la clasificación. Oaxaca cuenta con 68 especies de las cuales 27 son endémicas (Lorea-Hernández, 2002), solo por debajo de Chiapas. Esta riqueza se concentra en hábitats húmedos, como bosques mesófilos y selvas perennifolias (Lorea-Hernández, 2002); sin embargo, en ambientes más secos también hay algunas especies presentes (Lorea-Hernández y Jiménez-Pérez, 2010). En el Boquerón de Tonalá se tiene registrada el laurel (*Litsea neesiana*) en bosques de *Quercus*, especie considerada en peligro de extinción (CONANP, 2013). Dentro de esta familia hay especies importantes comercialmente como el aguacate (*Persea americana*) o la canela (*Cinnamomum verum*). La necesidad de aumentar los ejemplares en las colecciones para realizar análisis filogenéticos, así como clarificar la clasificación hacen relevante la recolecta de este grupo.

## 3.3 Fauna

### Insecta

En el caso de los insectos no existen trabajos sistemáticos, ya que solo se reportan registros aislados. Por ello en este estudio se estudian tres órdenes que resultan cruciales dentro del ecosistema de la zona propuesta. El primero de ellos son los dípteros de las familias Bombylidae y Syrphidae que comparten el hábito alimenticio nectarívoro como adultos por lo que participan en la polinización. Mientras que en estados larvarios la mayoría son parasitoides o depredadores por lo que controlan las

poblaciones de otros insectos. El conocimiento de estos insectos en el país es escaso y en particular para Oaxaca no hay estudios sistemáticos. La diversidad de Syrphidae en el estado no se conoce, mientras que para Bombyliidae se tienen registradas 56 especies en toda la entidad (Evenhuis y Greathead, 2015). Sin embargo, se puede comparar esta cifra con estudios faunísticos de Bombyliidae en selvas bajas caducifolias de estados cercanos como Morelos (Ávalos-Hernández, 2007), en los cuales se registran 97 especies. Para Syrphidae la zona con este tipo de vegetación mejor estudiada en el país es Chamela en Jalisco, donde se han recolectado 86 especies (Ramírez-García y Sarmiento-Cordero, 2004; Sarmiento-Cordero et al., 2010). Estas riquezas registradas en áreas pequeñas, sugieren que la riqueza de las selvas bajas caducifolias de Oaxaca es mayor a la actualmente registrada.

El segundo grupo de insectos son las libélulas (Odonata) cuyo estado juvenil es acuático y habitan una gran variedad de cuerpos de agua dulce. Son depredadores tanto en estado larval como adulto, por lo que ocupan la cúspide de la pirámide alimentaria dentro de los invertebrados acuáticos. En áreas tropicales, algunas especies se han utilizado para controlar poblaciones de mosquitos que transmiten enfermedades (Corbet, 1999). Si las poblaciones de libélulas se afectaran por alguna razón, muchas otras poblaciones de insectos y otros invertebrados se verían beneficiadas, por lo que estudiarlas nos brinda indicios de la calidad y funcionamiento del ambiente. En cuanto a la diversidad y distribución de odonatos, González-Soriano y Novelo-Gutiérrez (2014) colocan a Oaxaca como el cuarto estado con mayor diversidad de Odonatos en México con 137 especies; aunque no listan dichas especies. A pesar de su importancia biológica, los odonatos son un grupo poco estudiado, de manera particular para la zona de estudio no se tienen registros. Sin embargo, se han realizado algunos estudios faunísticos de Odonatos en su mayoría no publicados, en selvas bajas caducifolias de la Cuenca del Balsas que nos permiten tener una perspectiva de las especies que podrían estar presentes en el Boquerón de Tonalá (García, 1987; Morales, 2000).

El tercer grupo de insectos son las mariposas diurnas. En el caso de Lepidoptera, México cuenta con 14 500 especies descritas (23 750 estimadas) de las cuales el 12% corresponde a las mariposas diurnas o Papilionoidea (*sensu lato*). En México se tienen 1900 especies de mariposas descritas (Llorente et al., 2014). Esta diversidad hace de las mariposas diurnas, uno de los grupos de insectos mejor conocidos y por tanto un modelo biológico fundamental en aspectos a) económicos, pues son plagas de cultivos (Padilla-Álvarez y Cuesta, 2003); b) ecológicos, ya que las larvas participan en el proceso de descomposición de la materia; mientras que los adultos funcionan como polinizadores (Scoble, 1992); c) biogeográfico, por la íntima relación entre planta y larva, que produce patrones geográficos propios y d) conservacionistas, ya que son bioindicadoras; además son un grupo fácil de recolectar y de determinar (Llorente et al., 1996; 2014; Pozo et al., 2015).

Oaxaca es el estado más rico y con más endemismo de todo el país en cuanto a mariposas diurnas, con 1331 taxones a nivel específico, pertenecientes a 462 géneros y 24 subfamilias que constituyen el 68% de los taxones registrados para México (Luis et al., 2016). Sin embargo, solo algunos ambientes mesomontanos están bien conocidos, dejando fuera otras zonas tropicales, áridas y semiáridas (Luis et al., 2016). Para Oaxaca, la familia más diversa es HesperIIDae (516 ssp.) seguida de Nymphalidae (384 ssp.), Lycaenidae (180 ssp.), Riodinidae (130 ssp.), Pieridae (68 ssp.) y Papilionidae (53 ssp.) (Luis et al., 2016). Actualmente en el estado están registrados 259 taxones endémicos de México, que representan 19% del total de especies del estado y el 58% del total de endémicos del país. Estas especies se ubican principalmente en las áreas montañas de las regiones Chinanteca (Sierra de Juárez), Sierra Mixe, los Loxichas y la zona semidesértica que comprende la reserva natural de Cuicatlán.

Los estudios faunísticos de Papilionoidea en selvas bajas caducifolias del estado son nulos, pero las estimaciones en ambientes similares de estados cercanos reportan cerca de 145 especies para Cañón de Lobos (Luna-Reyes et al., 2010) y 142 para Sierra de Huautla, ambos estudios en Morelos y no incluyen a HesperIIDae (Luna-Reyes et al., 2008). Otros estudios reportan 51 especies de cuatro familias (Pieridae, Nymphalidae, Lycaenidae y Riodinidae) en Taxco de Alarcón en Guerrero (Luna-León et al., 2012) y en 18 localidades con selva baja caducifolia del estado de Morelos Luna-Reyes et al. (2012) reportan entre 52 y 175 especies de Papilionoidea (*sensu lato*).

Estas riquezas registradas en áreas pequeñas y con diferente grado de perturbación, sugieren que la riqueza de las selvas bajas caducifolias de Oaxaca es mayor que la actualmente registrada. La gran heterogeneidad espacial temporal y ecológica representada en los diferentes estudios de Lepidoptera en Oaxaca (Luis et al., 2004; 2016) indican la necesidad de enfocar los recursos en las áreas xéricas del centro y en la región Mixteca alta y baja, en su frontera con los estados de Guerrero y Puebla (v. gr. Silacayoapan, Huajuapán, Coixtlahuaca, Juxtlahuaca, Tlaxiaco, Teposcolula, Putla, Jamiltepec) (Luis et al., 2004; 2016). Esto permitirá delimitar con precisión la distribución de muchas especies o subespecies, principalmente las endémicas, ya que en su mayoría son de distribuciones restringidas, a menudo archipelágicas, o bien se caracterizan por mostrar densidades poblacionales bajas, como sucede con las familias HesperIIDae y Riodinidae (Callaghan et al. 2011, 2013; Llorente-Bousquets et al. 2013; Trujano-Ortega et al. 2015).

## Vertebrata

En el caso de los vertebrados se estudian las cuatro clases: Amphibia, Reptilia, Aves y Mammalia. Los dos primeros grupos son clave dentro de los ambientes caducifolios, cuyos registros son de localidades muy particulares. Los anfibios y reptiles controlan las poblaciones de otras especies de vertebrados e invertebrados que pueden llegar a ser un problema en el ecosistema. Particularmente los anfibios están asociados a los ambientes acuáticos, lo que los hace vulnerables a los cambios originados por la

contaminación, perturbación, desecación y calentamiento global; por lo que son considerados bioindicadores excelentes del estado de salud de los ecosistemas naturales. Por su parte, existen especies de reptiles asociadas fuertemente a hábitats específicos y susceptibles a cambios antropogénicos (Kremen, 1992; Colwell y Coddington, 1994; Fitzgerald et al., 2004). La diversidad de estos vertebrados en el país es relevante, ya que es la segunda mayor del mundo en reptiles con 864 especies y la cuarta en anfibios con 376 (Flores-Villela y García-Vázquez, 2014; Parra-Olea et al., 2014).

En Oaxaca se tienen reportadas 140 especies de anfibios y 247 de reptiles, que representan el 28% del total de la herpetofauna mexicana (Flores-Villela y García-Vázquez, 2014; Parra-Olea et al., 2014). Si bien para la zona de estudio únicamente se tienen registros aislados, García-Vázquez et al. (2006) realizaron un inventario de los anfibios y reptiles en la región mixteca de Puebla donde reportan 64 especies de anfibios y reptiles, de las cuales 37 son endémicas de México y tres de ellas están restringidas a la Cuenca del Balsas en los estados de Puebla, Oaxaca y Guerrero. Cabe señalar que en el programa de manejo del APFF Boquerón de Tonalá se reportan 29 especies de reptiles y 11 de anfibios. Sin embargo, la presencia de varias de las especies mencionadas en el programa es poco probable, en particular aquellas asociadas a bosques mesófilos y selvas altas, hábitats que no se encuentran dentro del polígono de la ANP.

El tercer grupo de vertebrados son las aves, grupo del cual el estado de Oaxaca cuenta con la mayor diversidad en el país (Navarro-Sigüenza et al., 2004). Esta diversidad de aves en Oaxaca se distribuye en nueve regiones avifaunísticas (Binford, 1989). La región Balsas ha recibido la menor atención desde el punto de vista ornitológico (Navarro-Sigüenza et al., 2004). De acuerdo con los datos publicados en el estudio de Navarro-Sigüenza et al. (2004), la región Balsas no es particularmente diversa en especies de aves, cuenta con poco menos de 100 especies registradas; aunque estudios más recientes reportan 120 especies (Vázquez et al., 2009). La diversidad baja de esta región contrasta con el porcentaje de especies endémicas (13-14%), comparado con las de otras regiones (Navarro-Sigüenza et al., 2004; Vázquez et al., 2009).

El estudio de Vázquez et al. (2009) revela un aspecto biogeográfico interesante sobre la avifauna; esto es que, en la región de río Sabino hay una proporción similar de especies endémicas con afinidad a la costa del Pacífico y con afinidad a la Cuenca del Balsas y en menor proporción, con afinidad hacia la Faja Volcánica Transmexicana. Lo anterior sugiere que la avifauna del APFF Boquerón de Tonalá podría tener una composición similar; sin embargo, de acuerdo con el plan de manejo para el APFF Boquerón de Tonalá, se tiene reportadas 279 especies de aves, lo que triplica el número de especies en la región del Río Sabino (Vázquez et al., 2009).

La importancia ecológica de las aves radica en la función que desempeña cada una de las especies en la red alimenticia (Sekercioglu, 2006). Pueden ser rapaces, que



consumen gran cantidad de roedores; insectívoras, que controlan a las poblaciones de invertebrados; granívoras; frugívoras, que dispersan semillas contenidas en los frutos de los que se alimentan; o nectarívoras, que ayudan a la polinización. Algunas especies, tales como el zanate (*Quiscalus mexicanus*) y los tordos (*Molothrus ater*; *M. aeneus*), son consideradas plaga por sus hábitos alimenticios, ya que en su dieta incluyen plantas de importancia comercial (Del Villar, 1999). Además, diversas especies son comercializadas ilegalmente como mascotas o alimento. Las aves son uno de los grupos socialmente más carismáticos y comúnmente las visitas turísticas se enfocan en su observación. Por esta razón es importante tener una lista de las aves de la APFF.

El último grupo de vertebrados en este estudio son los mamíferos. Oaxaca contiene la segunda más diversa mastofauna de México después de Chiapas. Se tienen registradas 222 especies de 34 familias de las cuales 14 especies son endémicas al estado (Santos-Moreno, 2014). Esta riqueza representa el 49% de las especies de mamíferos del país (Briones Salas y Sánchez-Cordero, 2004).

Al igual que para todos los grupos taxonómicos, hay regiones o ambientes en el estado que no están bien muestreadas lo que se refleja en el número de registros. Por ejemplo, se conocen 142 especies de SBC de Oaxaca (Briones Salas y Sánchez-Cordero, 2004) pero sólo se reportan nueve especies para la región del Balsas y cinco para el distrito de Huajuapán (*Baiomys musculus*, *Liomys irroratus*, *Peromyscus gratus*, *P. maniculatus*, *Platyrrhinus helleri*, *Reithrodontomys fulvescens*, *Sigmodon hispidus*) donde la SBC es el ambiente predominante. Sin embargo, la CONANP (2013) lista 61 especies para el Boquerón de Tonalá, de las cuales seis se encuentran en alguna categoría de riesgo o protección (*Choeronycteris mexicana*, *Leptonycteris curasoae*, *L. nivalis*, *Herpailurus yagouaroundi*, *Leopardus wiedii* y *Microtus oaxacensis*). Solo la especie de ratón *Sigmodon hispidus* está reportada en ambos trabajos (Briones Salas y Sánchez-Cordero, 2004; CONANP, 2013). Estas diferencias en la información muestran, en primer lugar, la necesidad de recompilar y sintetizar la información sobre los mamíferos de esta área y posteriormente completar la lista con estudios faunísticos. Santos-Moreno (2014) señala dos razones para realizar inventarios faunísticos en el estado, los estudios genéticos indican que algunas poblaciones pueden ser especies nuevas y; hay especies en estados cercanos que es muy probable que se encuentren en Oaxaca.

Los mamíferos son los animales más relevantes en la cultural del lugar. Los habitantes de Santo Domingo Tonalá reconocen 13 especies de mamíferos de las que consumen cuatro (Flores-Manzanero et al., 2013). La especie más relevante y con mayor carga cultural y hasta religiosa es el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), conocido como 'protector del monte'. La reducción de la población de esta especie fue la motivación de la comunidad para organizarse y protegerlo, lo que desembocó en la creación del ANP (CONANP, 2013; Flores-Manzanero et al., 2013). Así pues, el estudio de este grupo tiene, además de importancia científica, relevancia social y de divulgación de la ciencia.

## **IV. MÉTODOS**

### **4.1. Área de estudio**

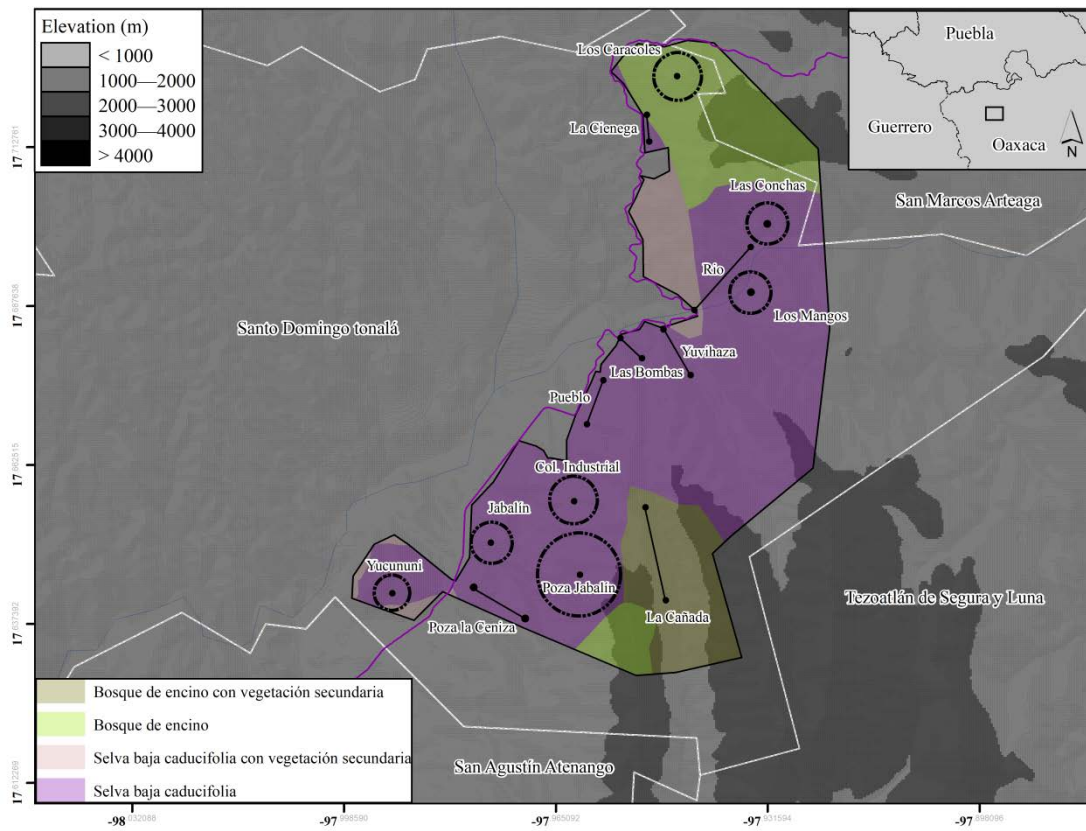
El Área de Protección de Flora y Fauna Boquerón de Tonalá se localiza en la región poniente del estado de Oaxaca entre las coordenadas extremas 17°37'45" a 17°43'46" de latitud norte y 97°55'18" a 97°59'50" de longitud oeste y cuenta con una superficie de 3912.31 Ha que representa el 4.1% del territorio del estado de Oaxaca. De acuerdo con datos geodésicos generados por el INEGI (2010), la superficie del Área de Protección de Flora y Fauna Boquerón de Tonalá corresponde políticamente en mayor extensión a la jurisdicción del municipio de Santo Domingo y una pequeña porción en el noreste del área al municipio de San Marcos Arteaga (CONANP, 2013). Forma parte del Terreno Tectonoestratigráfico Mixteco que agrupa principalmente rocas sedimentarias, su sistema de topofomas incluye una zona de montaña que abarca el 85% de su superficie y lo conforma el cerro Yucununi, y zona de planicies que representan el 18.5%, incluyen laderas suaves, moderadas, pronunciadas y lomeríos.

De acuerdo con García (1988) existen dos tipos de climas: el de mayor distribución es el semiárido semicálido (BS1hw) que se identifica desde la parte más baja hasta la zona media; en menor medida y hacia las zonas de mayor altitud se encuentra el tipo climático templado subhúmedo (C[wo]) determinado por la altura de la zona. La vegetación está compuesta en su mayor parte por selva baja caducifolia (65.7%), bosque de encino (16.2%), matorral xerófilo (11.1%), y en menor medida por pastizal, otatal y bosques de galería que en conjunto cubren el 6.2% del total de la ANP (Rzedowski, 1986). Por su superficie cruza el río Mixteco, único cuerpo hídrico con agua permanente durante todo el año.

El presente trabajo abarca la APFF Boquerón de Tonalá, que presenta cuatro tipos de vegetación en un intervalo altitudinal que va de los 1300 a los 2400 msnm. La zona es reconocida por su importancia biológica y sus endemismos. El APFF Boquerón de Tonalá, presenta amenazas a sus ambientes como resultado de las actividades que se llevan a cabo en la modificación del uso del suelo. Una gran parte de la economía local se basa en la agricultura y ganadería, que afectan de manera radical el bosque de encino y las especies de fauna que lo habitan, debido a la transformación en campos de cultivo que actualmente abandonados dentro del ANP o bien a la modificación de la acidez del suelo o pérdida del mismo. Otra actividad que influye en la alteración del ambiente es el uso de fuego para actividades agropecuarias, que aunado a las condiciones de sequía ha provocado incendios, principalmente en las zonas contiguas a la carretera; y finalmente la cacería furtiva para aprovechar la carne, en particular de venado.

Se eligieron ocho localidades y 14 sitios correspondientes a las comunidades vegetales dominantes (selva baja caducifolia, bosque de encino, selva baja caducifolia con vegetación secundaria y bosque de encino con vegetación secundaria), que cubren diversos puntos a lo largo de toda el APFF Boquerón de Tonalá y del gradiente altitudinal. De igual modo, se eligieron tomando en cuenta distintos aspectos como la

disponibilidad de cuerpos de agua y grado de perturbación. Las localidades se detallan en el Cuadro 1 (Figura 1).



**Figura 1.** Área de estudio APFF Boquerón de Tonalá donde se indican los 14 sitios de muestreo. Los círculos indican puntos radio y las líneas transectos.

**Cuadro 1.** Descripción de las localidades principales en las que se ubican los sitios de muestreo dentro del Área Natural Protegida Boquerón de Tonalá, Oaxaca, México. \*msnm.

Localidad	Sitio	Altitud*	Vegetación	Descripción	Perturbación
Boquerón de Tonalá	Río	1300-1400	Selva Baja Caducifolia	Esta localidad, con ubicación en la parte norte-centro del ANP, se caracteriza por la abundante presencia de cuerpos de agua, donde destacan el Río Grande y diversos riachuelos de temporal que nacen a lo largo de las cañadas y desembocan en el Río Grande.	Medio: Turismo
	Las Bombas	1386-1740			
	Yuvihaza	1380-1500			
	Los Mangos	1384-1510			
	Las Conchas	1378-1500			
Cerro Yucununi	Yucununi	1300-1520	Selva Baja Caducifolia	Esta localidad representa un cerro al sureste del ANP, está separado del resto del ANP por la carretera federal. En esta localidad corre un riachuelo que es utilizado para cultivos de riego, por lo que en su mayoría se encuentra en canales.	Medio: Agricultura
Colonia Industrial	Colonia Industrial	1525-1830	Selva Baja Caducifolia	Localidad al oeste del pueblo de Santo Domingo Tonalá, y centro del ANP, es una zona con grandes parches de vegetación original, específicamente en las cañadas; sin embargo, presenta un impacto en sus partes altas, principalmente por la presencia de ganado. No cuenta con cuerpos de agua	Bajo: Ganadería
La Cañada	La Cañada	1620-2400	Bosque de Encino con vegetación secundaria	Localidad que se ubica en la parte más alta del ANP, al sureste de la misma. Predomina el clima templado, con un bosque de encino fuertemente impactado, principalmente por deforestación y ganadería. En su porción norte se encuentra una barranca que presenta el único cuerpo de agua de la localidad.	Alto: Tala y ganadería
La Ciénega	La Ciénega	1630-1700	Selva Baja Caducifolia	Localidad en el noroeste del ANP a elevaciones medias, representa un manchón de selva en buen estado de conservación, que colinda con el bosque de encino. No presenta cuerpos de agua.	Bajo: Cultivos abandonados
Papalutla	Los Caracoles	1970-2100	Bosque de Encino	Esta zona de bosques templados se encuentra al norte de la ANP, y representa un manchón de bosque de encino conservado en pendiente pronunciada. Carece de cuerpos de agua dentro de la ANP; sin embargo, corre un riachuelo en los límites del área un costado de la carretera federal.	Bajo: Ganadería
Rancho el Jabalín	Poza el Jabalín	1600-1940	Selva Baja Caducifolia	Esta localidad con ubicación en la porción sur, cubre una extensa área de selva baja en buen estado de conservación, a pesar de la presencia de ganado. Únicamente presenta en su parte más alta, un cuerpo de agua que está presente la mayor parte del año, excepto los meses más secos.	Bajo: Ganadería
	El Jabalín	1500-1900			
	Poza la Ceniza	1460-1560			
Santo Domingo	Pueblo	1300-1600	Selva Baja Caducifolia con vegetación secundaria	Zona aledaña al pueblo de Santo Domingo, en esta zona la vegetación ha sido alterada principalmente por el cambio de uso de suelo para construcción y ganadería.	Alto: Construcciones y ganadería

## **4.2. Técnicas de recolecta y determinación taxonómica**

### ***Trabajo de campo y gabinete***

Se realizaron cuatro recolectas que reúnen 54 días efectivos de trabajo de campo en seis meses a lo largo de un año (junio 2017 a junio 2018). Se consideró una temporada de secas y otra de lluvias, ya que son muy importantes en zonas semiáridas y suele haber una composición biótica característica de cada temporada. El trabajo de campo se inició a las 7:00 hrs. y concluyó las 18:00 hrs. Se incluyeron muestreos crepusculares a las 19:00 hrs. y nocturnos de las 10:00 a 01:00 hrs. En cada salida participaron al menos 15 recolectores/observadores, 10 de ellos con experiencia en la recolección de los diferentes grupos taxonómicos, al menos dos guías y cinco estudiantes. En todos los grupos se realizaron listas diarias de especies observadas, con el objeto de complementar los inventarios. Se contó con los permisos de recolecta otorgados por la SEMARNAT y el permiso especial del APFF Boquerón de Tonalá, así como de los dueños de los predios que se visitaron y de las autoridades locales y centrales.

### **Flora**

En el caso de las plantas, se tomarán muestras (ej. flores y/o frutos) con las estructuras necesarias y adecuadas para su correcta identificación. Se enfatizó en la flora leñosa, así como en el estado de conservación de la vegetación, tomando como parámetros las evidencias observadas de actividades humanas que pudiesen haber alterado el estado de la vegetación, tales como pastoreo, corte de madera para leña, actividades de extracción de materiales vegetales con fines de aprovechamiento comercial, existencia de veredas y frecuencia de uso entre otras.

Durante cada visita se recolectó hasta cuatro muestras de ejemplares botánicos de las plantas que se observaron en estado de floración y/o fructificación con el fin de tener material útil para su determinación botánica en el herbario. Cada colecta se número progresivamente y se anotó en un cuaderno el mismo número asignado a las muestras y duplicados respectivos. Los datos que se registraron en cada colecta incluyeron la fecha, condiciones ambientales del sitio, orientación, tipo de sustrato, tipo de vegetación y estado general de conservación, además de características de la planta (forma de vida, talla, flores, color aroma, tipo de fruto y datos sobre su fenología y abundancia relativa observada en el sitio). Los duplicados de cada ejemplar se prensaron siguiendo los protocolos establecidos (Lot y Chiang, 1986; Bridson y Forman, 1998), donde se sugiere que se coloquen entre papel periódico (anotando en la parte externa el número correspondiente a la colecta) y después entre cartón corrugado alternando un ejemplar entre periódico con un cartón corrugado, para formar una pila la cual se coloca en una prensa botánica elaborada con rejillas de madera y se presiona atándolas con cuerdas que soporten la presión. La prensa se colocó en una secadora con el fin de deshidratar las plantas en un período de 24 a 36 horas aproximadamente. Una vez que se consiguió esto, se retiran las plantas de los

cartones y se conservan para transportarse al herbario para su determinación botánica. Los ejemplares recolectados se prensaron de tal forma que las hojas de la planta permanecieron acomodadas en un sentido haz-envés, para observar las formas de las hojas por ambos lados. La determinación se hizo con claves especializadas (Hansen y Rahn, 1969; Lewis, 2005; Knapp, 2009; Pell, 2009; Daly, 2010).

#### Diptera

Para los dípteros, se hizo una búsqueda activa con red aérea entomológica, que es la técnica más efectiva para grupos de moscas que visitan flores como Bombyliidae y Syrphidae. Los ejemplares capturados se depositaron vivos en bolsas de papel glassine y posteriormente se sacrificaron para su montaje, evitando así el uso de alcohol que destruye estructuras de importancia taxonómica de Bombyliidae y de acetato de etilo que degenera el material genético. La determinación taxonómica de las especies recolectadas, se hizo de acuerdo al sistema de clasificación de Evenhuis y Greathead (2015) para Bombyliidae y de Thompson et al. (1976) para Syrphidae. Para determinar a nivel de género se emplearon las claves de Hull (1973), McAlpine et al. (1981), Thompson (1999) y Miranda et al. (2013); para determinar a nivel de especie se emplearon trabajos específicos para cada género.

#### Odonata

El muestreo de odonatos se enfocó en la recolecta de ejemplares adultos. Dicho muestreo se hizo de manera directa con una red entomológica aérea convencional. Las horas de recolecta se ajustaron al período de mayor actividad de estos insectos durante el día (09:00- 16:00 hrs) y dicha recolecta se realizó en las inmediaciones de los cuerpos de agua, aunque también de manera ocasional se llevó a cabo lejos de éstas para recolectar aquellos organismos que realizaban actividades diferentes a las de la reproducción (p. ej. alimentándose lejos del agua). También se hicieron búsquedas crepusculares con el fin de saber si existían especies con estos hábitos. La preparación de los ejemplares se hace mediante el proceso de acetonzación convencional, aunque algunos de ellos se conservaron en alcohol al 96% para su posible estudio mediante técnicas moleculares. Los ejemplares adultos se conservarán en seco. La determinación taxonómica fue mediante claves especializadas (Westfall y May, 1996).

#### Lepidoptera

Las mariposas se recolectaron mediante dos técnicas de muestreo: la primera fue la trampa Van Someren-Rydon (Rydon, 1964) con un cebo compuesto por una mezcla de agua con fruta fermentada de piña (*Ananas comosus*) y plátano macho (*Musa paradisiaca*). Se colocaron entre 5 y 10 trampas separadas una de otra por 100 m aproximadamente y ubicadas a diferentes alturas sobre el suelo. La segunda técnica

consiste en el uso de la red entomológica aérea que permite recolectar a los imagos activos en diferentes microhábitats (zonas de penumbra, sitios húmedos, áreas con inflorescencias); en los diferentes sustratos alimenticios o en sitios donde se les observó manifestando algún tipo de conducta como cortejo, territorialidad, ovoposición o percheo. La determinación se hizo mediante claves para la identificación de las familias (Murillo-Hiller, 2008), guías ilustradas (De la Maza, 1987; Llorente et al., 1997; Luis et al., 2003a; Glassberg, 2007; Vargas-Fernández et al., 2008), además de realizar comparaciones entre los ejemplares recolectados y los depositados en la Colección de Lepidópteros del Museo de Zoología Alfonso L. Herrera de la Facultad de Ciencias, UNAM. También se consultaron catálogos en línea (Warren et al., 2013).

#### Anfibios y reptiles

En el caso de los anfibios y reptiles, se realizaron recolectas durante el día, crepúsculo y noche para cubrir todos los horarios de actividad de estos vertebrados, revisando los distintos microhábitats (rocas, troncos caídos, bajo hojarasca, oquedades, cuerpos de agua) en que se conoce habitan estos organismos. Los anfibios se capturaron con redes de mango de 50 cm de boca y mango de un metro; las lagartijas se capturaron con ligas anchas de hule marca León No. 103. Las lagartijas que permitan el acercamiento del investigador, fueron capturadas directamente con la mano. Las serpientes se capturaron con la ayuda de ganchos (44" de longitud) y pinzas (48" de longitud) herpetológicas, o directamente con la mano en el caso de ejemplares pequeños e inofensivos para el ser humano. Finalmente, las tortugas se capturaron directamente con la mano o mediante el empleo de redes de mano de 50 cm de boca y mango de un metro. Los organismos recolectados se transportaron en bolsas de plástico (anfibios) y sacos de manta (reptiles), para sacrificarlos posteriormente. Los anfibios se sacrificaron con una solución de chloretona y los reptiles con una dosis de anestésico inyectada en el cerebro. Cabe mencionar que estas técnicas de sacrificio están avaladas por la Sociedad para el Estudio de los Anfibios y Reptiles (SSAR). Posteriormente, todos los organismos se fijaron con formol al 10% siguiendo la técnica de Pisani y Villa (1974). Debido a la rareza de algunas especies, su poca abundancia y su estatus de protección, solo se recolectó de uno a tres individuos por especie; lo mismo para aquellos cuya identificación correcta no fuera posible en campo. Para la determinación taxonómica se emplearon los trabajos de Canseco-Márquez y Gutiérrez-Mayen (2010); Campbell y Lamar (2004); Flores-Villela et al. (1995); Flores-Villela (1993) para la identificación a nivel de especie; la lista se actualizó considerando los trabajos de Flores-Villela y Canseco-Márquez (2004); Liner (2007); Flores-Villela y García-Vázquez (2014).

#### Aves

Las aves se registraron mediante recorridos de observación durante las horas pico de actividad de las aves (entre las 6-11:30 A. M. y entre las 16 y las 18:30 P.M.) y de

recorridos nocturnos para el caso de búhos y chotacabras; esto permitió la detección visual y auditiva de distintas especies. Se emplearon redes de niebla (9-12 m de longitud, 10 a 15 redes), para la recolecta de especies selectas de aves. De todos los ejemplares recolectados se taxidermizó la piel, esqueleto o ejemplares mixtos, siguiendo técnicas estandarizadas (Hall, 1962). Además, de cada ejemplar se tomaron muestras de tejido para estudios filogenéticos, éstas se almacenaron en campo en etanol al 90% (Kilpatrick, 2002). Para otras colecciones accesorias, se conservaron los contenidos estomacales en alcohol. Los ejemplares recolectados se integraron a los acervos del Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Todos los datos observados obtenidos se ingresaron a la plataforma aVerAves siguiendo los formatos establecidos. La identificación de las especies se realizó con la ayuda de guías de campo especializadas (Peterson y Chalif, 1989; Howell y Webb, 1995; Perlo y Van, 2006) y con el apoyo de las colecciones especializadas del Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias, UNAM.

#### Mammalia

Para el registro de las especies de mamíferos se utilizaron cuatro técnicas de recolecta diferentes: trampas cebadas, redes de niebla, fototrampas y colección y análisis de restos. Se incluyeron dos tipos de trampas cebadas: a) trampas Sherman cebadas con avena y vainilla, buscando capturar roedores y carnívoros pequeños y; b) trampas de caída, dirigidas a roedores insectívoros como las musarañas. Las trampas se revisaron cada mañana y fueron recebadas. Las redes de niebla para la captura y registro de murciélagos se colocaron a una altura aproximada de 1.70 m en claros de vegetación o cerca de cuerpos de agua. Las redes se abrieron poco antes del anochecer (entre 18:00 y 19:00) y permanecieron abiertas por espacio de cuatro horas diarias por noche de muestreo. Las búsquedas dirigidas para registros de huellas se enfocan en especies de hábitos terrestres y se realizaron en senderos establecidos para su desplazamiento.

Se consideraron los restos dejados por los mamíferos, los cuales resultan útiles para la obtención de registros. Los restos pueden ser huellas, excretas, marcas en troncos, rascaderos, madrigueras, echaderos de descanso y partes de cuerpos (presa o evidencia de restos dejados por depredador).

Los ejemplares capturados durante el muestreo se sacrificaron y se preparó su piel y cráneo con las técnicas estándares (Hall 1981), así como también se les tomó muestra de tejido (hígado, riñón y corazón) que se preservó en alcohol absoluto. Los ejemplares y los tejidos se ingresaron en la Colección Mastozoológica del Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera" de la Facultad de Ciencias (MZFC), UNAM. La determinación taxonómica de los ejemplares se hizo con las claves de Hall (1981), Medellín et al. 2008 y Álvarez-Castañeda et al. (2015), y la determinación de los registros indirectos por medio de las guías de determinación de rastros de mamíferos de Murie (1982) y Aranda (2000). El arreglo sistemático de las especies fue de acuerdo con Wilson y Reeder (2005).



#### **4.3 Permisos de recolecta y colecciones**

El permiso de recolecta científica con el que se recolectó fue SGPA/DGVS/08034/17 de Uri Omar García Vázquez para todos los grupos taxonómicos recolectados y estudiados en el presente estudio.

Todos los ejemplares recolectados fueron debidamente curados y etiquetados con los datos taxonómicos, curatoriales y de georreferencia para su depósito en el Herbario Nacional de México (DFE.AN.037.0997), las colecciones Lepidopterológica (DFE.IN.071.0798), entomológica (DFE.IN.071.0798), Ornitológica, Mastozoológica y Herpetológica (DFE.AN.057.0598) del Museo de Zoología 'Alfonso L. Herrera' de la Facultad de Ciencias de la UNAM (MZFC, UNAM) y de la FES-Zaragoza, UNAM (MZFZ, UNAM), las libélulas en la Colección Nacional de Insectos, UNAM (CNIN) (DEF.IN.037.0997).

#### **4.4 Fotografías**

Se tomaron fotografías de al menos un ejemplar por especie en campo cuando fue posible, enfocando las estructuras y las vistas necesarias para su correcta identificación. En el caso de la mayoría de los insectos, debido a la complejidad de su manejo, la mayor parte de éstas fueron tomadas una vez recolectados y preparados en el laboratorio. Las fotografías se guardaron en formato digital considerando los lineamientos de CONABIO para la entrega de fotografías o ilustraciones digitales 2014.

#### **4.5 Estimación de la riqueza de especies**

Dado que no es posible recolectar la totalidad de las especies de una región, especialmente de grupos hiperdiversos como insectos, se emplearon métodos de estimación de riqueza de especies. Se estimó la riqueza de cada grupo taxonómico por medio del estimador no paramétrico Chao1 (Colwell y Coddington, 1994) implementado en la aplicación Spade (Chao y Shen, 2010). De las estimaciones se calculó la desviación estándar por medio de la técnica de *bootstrap*.

Para conocer la diversidad de cada grupo se calculó el índice Shannon-Wiener ( $H'$ ) con el método de Chao y Shen (2003) que se basa en la proporción de *singletons* (especies con un solo registro) en la muestra. Este método se ha probado con buenos resultados en simulaciones y datos reales (Chao y Shen, 2003; Beck y Schwanghart 2010). La desviación de  $H'$  se calculó por *bootstrap*.

### **V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **5.1. Estimación de la riqueza de especies**

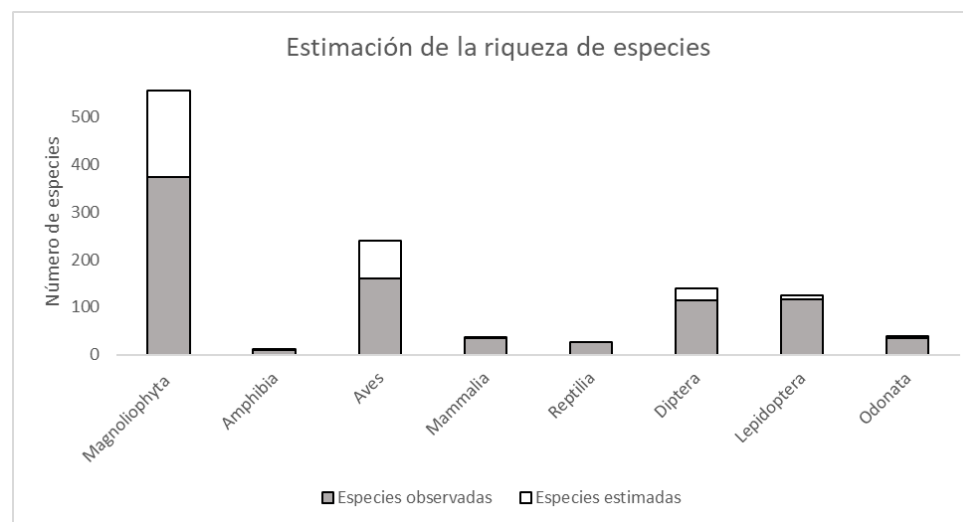
En general, se registró el 73% de las especies de los grupos estudiados. Pero hay variación en el porcentaje de completitud de cada grupo. Para Aves y las plantas que son los taxones más diversos se registró el 67% de las especies. De los grupos de vertebrados menos diversos se registró más del 90% de las especies del área, e incluso el 100% para reptiles. De los tres grupos de insectos el rango de completitud va del

83% para Diptera hasta 92% para Odonata (Cuadro 2, Figura 2). Al considerar estos porcentajes, en general se puede afirmar que el esfuerzo de muestreo fue adecuado para cumplir con los objetivos de un inventario rápido con un año de recolecta.

La mayor diversidad, medida con el índice de Shannon-Wiener, la presentan las plantas y la menor los anfibios (Cuadro 3). Cabe señalar que la diversidad de Lepidoptera es mayor a Diptera aun cuando la riqueza de especies es similar y que la estimación de la riqueza de Diptera es mayor. También resalta que mamíferos, odonatos y reptiles tienen una riqueza de especies similar pero la diversidad de mamíferos es muy superior; hay que recordar que la escala de  $H'$  es logarítmica por lo que diferencias pequeñas en los índices representan diferencias importantes en la diversidad. Estas diferencias en la diversidad aun con riquezas similares se deben a la dominancia de especies. Por un lado, Diptera y por otro Odonata y Reptilia tienen relativamente más especies dominantes comparado con Lepidoptera y Mammalia, respectivamente.

**Cuadro 2.** Registros, riqueza de especies y diversidad por grupo taxonómico. Para la riqueza estimada y el índice de diversidad se muestra la desviación estándar. \*En las plantas y los insectos, el número de registros observados es igual al número de individuos observados.

Grupo taxonómico	Registros			Riqueza de especies			
	Recolectados	Observados/individuos	Registros Totales /Individuos totales	Registrada	Estimada $\pm$ SE	% recolectado	Diversidad $H'$ $\pm$ SE
Magnoliopsida	678	322*	1000	371	556 $\pm$ 38.4	67	5.82 $\pm$ 0.05
Amphibia	70	247/265	317/335	10	11 $\pm$ 1.3	91	1.83 $\pm$ 0.05
Aves	128	1067/1849	1195/1977	156	240 $\pm$ 36.9	65	4.4 $\pm$ 0.03
Mammalia	151	184/184	335	34	36 $\pm$ 2.5	94	3.1 $\pm$ 0.05
Reptilia	97	973/1023	1070/1120	27	27 $\pm$ 0.7	100	2.5 $\pm$ 0.03
Diptera	1605	0	1605	116	139 $\pm$ 12.3	83	3.71 $\pm$ 0.04
Lepidoptera	3588	9*	3597	111	125 $\pm$ 6.3	88	3.9 $\pm$ 0.02
Odonata	575	63*	638	35	38 $\pm$ 3.7	92	2.76 $\pm$ 0.05
<b>Total</b>	<b>6892</b>	<b>2865/3715</b>	<b>9757/10607</b>	<b>860</b>	<b>1172</b>	<b>73</b>	



**Figura 2.** Proporción de especies recolectadas según los estimados de cada grupo taxonómico.

## 5.2. Inventario faunístico

Se realizó un inventario multitaxonómico rápido que incluyó grupos taxonómicos selectos de plantas, insectos y vertebrados en la APFF Boquerón de Tonalá en Oaxaca, México. A partir del trabajo de campo, se registraron 9757 registros con 10 607 individuos de plantas (Magnoliopsida), insectos (Lepidoptera [Papilionoidea *sensu lato*]; Diptera [Bombyliidae y Syrphidae]; Odonata) y; vertebrados (Amphibia, Reptilia, Aves y Mammalia), que representan seis clases, 61 órdenes, 160 familias, 533 géneros y 860 taxones a nivel específico (Cuadro 3), de los cuales 6892 son ejemplares recolectados y 2865 registros observados (Cuadro 2 en sección 5.1. Estimación de riqueza); donde se incluyen registros para las plataformas aVerAves (1067) y Naturalista (491).

**Cuadro 3.** Representación taxonómica de la diversidad de Magnoliopsida, Insecta (Diptera, Lepidoptera, Odonata), Amphibia, Reptilia, Aves y Mammalia en la APFF Boquerón de Tonalá, Oaxaca, México.

Grupo taxonómico	Clase	subclase	Orden	Familia	Género	Especie
Magnoliopsida	1	3	33	74	228	371
Amphibia	1	-	1	6	8	10
Aves	1	-	15	42	107	156
Mammalia	1	-	7	16	33	34
Reptilia	1	-	2	10	23	27
Diptera	1	-	1	2	39	116
Lepidoptera	1	-	1	5	76	111
Odonata	1	-	1	5	19	35
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>61</b>	<b>160</b>	<b>533</b>	<b>860</b>

### Magnoliopsida

Se recolectaron 1000 registros de plantas, en su mayoría leñosas, que pertenecen a tres subclases, 33 órdenes, 74 familias, 228 géneros y 371 especies que representa un 67 % de las especies estimadas para la APFF Boquerón de Tonalá. Se incrementó el conocimiento de la flora del área, de 220 a 371 especies.

La vegetación por arriba de la cota de los 1900 msnm constituye un bosque de *Quercus* spp. el cual se encuentra alterado por pastoreo y extracción de madera para leña, además presenta plagas de diversas especies (*v. gr. Psittacanthus, Cladocolea, Struthanthus*); este requiere de mayor atención debido a que por su lejanía con las áreas pobladas, representa un refugio de la fauna nativa.

Entre los registros relevantes destacan, *Beaucarnea stricta* que se incluye en la NOM-059 (NOM-059-SEMARNAT, 2010), *Ageratina crassiramea*, que pesar de ser una especie de distribución amplia, existen pocos especímenes en los herbarios, *Echeveria gigantea*, *Salvia adenophora*, *Amyris monophylla* y *Fosteria oaxacana*, que son

especies endémicas a la Mixteca Oaxaqueña. Además, se registraron dos especies nuevas, de los géneros *Esenbeckia* y *Coulteria*.

### **Diptera**

La diversidad de Bombyliidae en Oaxaca aumenta de 56 a 88 especies (Evenhuis y Greathead, 2015); con al menos 10 especies nuevas por describir y 33 registros nuevos para el estado. Syrphidae es una familia de la cual no se tenían registros previos para el estado, por lo que las 27 especies reportadas constituyen registros nuevos para la entidad. La riqueza específica esperada para esta familia era mayor; ya que, en la región de Chamela en Jalisco se presenta el mismo tipo de vegetación y se registra el triple de esta riqueza de moscas (Ramírez-García y Sarmiento-Cordero, 2004; Sarmiento-Cordero et al., 2010).

Es relevante mencionar que, dado que se registró el 83% de la riqueza de moscas en la APFF Boquerón de Tonalá, esta riqueza de especies baja de Syrphidae no es producto de un muestreo deficiente; probablemente Chamela es un centro de diversidad de esta familia de moscas o la APFF Boquerón de Tonalá es una Selva Baja con poca diversidad de sírfidos. Desafortunadamente estos dos grupos de dípteros están poco estudiados en México; y en varios géneros (*v. gr. Villa* y *Exoprosopa*) son necesarias revisiones para actualizar la taxonomía y claves de determinación. Por esta razón es complicado analizar el endemismo, afinidades ecológicas o incluso llegar a determinar el material completamente a nivel de especie. La aportación realizada con este inventario es básica y notable para realizar estudios comparativos en otras áreas del país con ambientes similares y potenciar el estudio de este grupo de insectos cuyo papel como polinizadores es crucial.

### **Odonata**

De las 137 especies reportadas para Oaxaca se registraron 35 (25%) en la APFF Boquerón de Tonalá, la cual comparte cuatro de las cinco familias registradas en Santiago Dominguillo que se localiza en la porción oaxaqueña del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (González-Valencia, 2006). En Santiago Dominguillo la riqueza específica es mayor con 43 especies, a pesar que el ambiente dominante también es selva baja caducifolia. La familia Lestidae presenta 54 ejemplares de *Archilestes grandis*, especie que no se registra en Santiago Dominguillo.

El Boquerón de Tonalá presenta dominancia clara de *Hetaerina americana* con 173 ejemplares que representan el 27% de la abundancia total; mientras que el género *Argia*, al igual que en otras áreas (González-Valencia, 2006), presentó mayor diversidad de especies. Esto muestra que los patrones de diversidad de odonatos encontrados en la APFF Boquerón de Tonalá concuerdan con los esperados en zonas con condiciones similares. Se concluye que la lista de especies de este grupo de insectos del Boquerón de Tonalá, está casi completa de acuerdo con las estimaciones, en las que se observa que faltan tres especies por registrarse.

## Lepidoptera

Las mariposas diurnas son uno de los grupos de insectos mejor conocidos a nivel nacional. Particularmente en Oaxaca, se ha dedicado gran esfuerzo de muestreo por décadas, para conocer la fauna de mariposas que ahí se encuentra; sin embargo, Luis et al. (2016) describen que existen muchos registros ocasionales dispersos en la entidad y pocos estudios sistemáticos, localizados en su mayoría en las zonas de bosques templados y subperrenifolios; mientras que las zonas áridas, semiáridas y de bosques perennifolios del estado permanecen desconocidos. En Oaxaca se reportan 815 especies de Papilionoidea (*sensu lato*), por lo que el presente estudio representa el 15% de la diversidad de mariposas diurnas presentes en la entidad.

A pesar que este trabajo no suma registros nuevos o especies nuevas para la entidad, es una gran contribución en el conocimiento de esta superfamilia de insectos en la selva baja caducifolia y bosque de encino de la región de la Mixteca Alta en la Cuenca del Balsas, en donde no existen trabajos reportados, como se observa en el plan de manejo de la APFF Boquerón de Tonalá (CONANP, 2013). Por lo tanto, las 111 especies registradas como producto de este estudio constituyen registros nuevos para el municipio, a pesar que existen algunos registros visuales reportados en fuentes electrónicas (Warren et al., 2013).

La comparación de la diversidad hallada en el área de estudio con otras zonas que presentan selva baja caducifolia y por lo tanto características ecológicas similares, como la Sierra de Huautla (142 spp.) y Cañón de Lobos en Morelos (145 spp.) (Luna-Reyes et al., 2008, 2010) o bien Taxco de Alarcón en Guerrero (51 spp.) (Luna-León et al., 2012), muestran que el inventario llevado a cabo en la APFF Boquerón de Tonalá tiene un nivel aceptable de conocimiento de este grupo, ya que se cuenta con el 88% de completitud del inventario; incluso cuando los otros trabajos mencionados tienen un mayor esfuerzo de muestreo en el tiempo.

El patrón de diversidad de las familias de mariposas hallado en este estudio, concuerda en su mayoría con el observado a nivel nacional, donde la familia más diversa es Nymphalidae (55%), seguido de Pieridae (21%), Riodinidae (15%), Papilionidae (13%) y Lycaenidae (0.05%) (Luis et al., 2016). La familia Lycaenidae se encuentra subrepresentada debido a los hábitos restringidos que presenta y a la falta de especialistas que generen conocimiento para su identificación correcta.

A pesar que se obtuvieron resultados significativos, es conveniente continuar con los estudios de este grupo en la entidad, ya que la gran heterogeneidad espacial temporal y ecológica de Oaxaca (Luis et al., 2004; 2016), indican la necesidad de estudiar las áreas xéricas y es conveniente estudiar las áreas circundantes del municipio, como Silacayoapan, Huajuapán, Coixtlahuaca, Juxtlahuaca, Tlaxiaco, Teposcolula, Putla y Jamiltepec (Luis et al., 2004; 2016), con el fin de precisar la distribución de las especies y dedicar más esfuerzo en el tiempo para registrar especies con densidades poblacionales bajas, como sucede con las familias Lycaenidae y

Riodinidae (Callaghan et al. 2011, 2013; Llorente-Bousquets et al. 2013; Trujano-Ortega et al. 2015).

Entre las especies relevantes hay que mencionar la presencia de una población de *Baronia brevicornis brevicornis*, que es endémica a México y se considera una especie relictual y es la especie basal de todas las mariposas diurnas (Machkour-M'Rabet et al., 2014). Presenta una distribución fragmentada asociada a su planta de alimentación *Acacia cochiacantha*, la cual se encontró más abundantemente en la localidad del Boquerón. Esta mariposa se reporta en la categoría de 'casi amenazada' debido a estas características y a su aparente vulnerabilidad ante la modificación ambiental (Gimenez-Dixon, 1996); sin embargo, es un aspecto que debe evaluarse más.

### **Amphibia y Reptilia**

Los resultados indicaron que se recolectó cerca del 100% de las especies estimadas de anfibios y reptiles; sin embargo, es relevante mencionar que esta riqueza es menor que la registrada en la región Mixteca del estado de Puebla, que es un área que presenta características ecológicas similares a la del área de estudio (García-Vázquez et al., 2006). La estimación muestra que el esfuerzo invertido en la búsqueda de las especies es aceptable; pero el conocimiento de la herpetofauna nos indica que aún es necesario realizar mayor trabajo de campo con el fin de registrar especies raras o muy estacionales.

La ausencia de cuerpos de agua estancados en los que se suelen reproducir algunas especies de anfibios (v. gr. *Spea multiplicata* o *Agalychnis dacnicolor*), son factores que posiblemente expliquen la falta de registro de éstas y otras especies en el área. En el caso de los reptiles algunas de las especies esperadas son raras y de hábitats fosoriales (v. gr. *Heloderma horridum*), lo que dificulta su observación. Sin embargo, no se descarta su presencia en el área debido a observaciones de los habitantes del área de estudio; en cambio, se sugiere que para registrar estas especies es necesario realizar inventarios más amplios temporalmente y con búsquedas dirigidas.

La poca diversidad observada en estos grupos taxonómicos, se contrasta con el grado de endemismo alto que se registra en la zona de estudio, donde algunas especies endémicas a la Cuenca del Balsas destacan: *Plestiodon lotus*, *Sceloporus jalape*, *Anolis microlepidotus* y *Tropidodipsas zwefeli*. Además, estas dos últimas especies, representan dos registros nuevos para el estado de Oaxaca.

El grado de perturbación es un factor determinante en la diversidad baja de estos grupos taxonómicos. Los bosques templados a los que se tuvo acceso, presentaron un grado alto de modificación del ambiente debido a la presencia de ganado. Las salamandras (v. gr. *Pseudoeurycea* y *Thorus*) son algunas especies de anfibios que suelen ser indicadoras del buen estado de conservación de los bosques, ya que son sensibles a cambios ligeros en la humedad, acidez y cobertura del suelo; sin

embargo, no se registró su ocurrencia en la zona de estudio, muy posiblemente debido a la pérdida del suelo y los desechos del ganado que modifican el pH del mismo, lo que indica una afectación negativa.

Por último, las especies encontradas en este estudio difieren de manera notable a las registradas en el programa de manejo del APFF Boquerón de Tonalá (CONANP, 2013), principalmente porque el plan de manejo menciona especies registradas en Oaxaca, pero asociadas a bosques mesófilos y selvas altas que son hábitats diversos que no se encuentran dentro del polígono de la APFF Boquerón de Tonalá y que por lo tanto no se registraron.

### **Aves**

Las Aves son el grupo más diverso entre los vertebrados. Los resultados arrojados indican que se recolectaron 156 especies que representan el 63% de las especies que se estiman. A pesar que es un nivel bajo de completitud, es de esperarse como resultado de un inventario rápido en un período de un año con pocos muestreos. Aun así, los registros obtenidos indican que la lista de especies es representativa y constituye un nivel de conocimiento aceptable de la diversidad de aves que ahí habitan, con base en los criterios propuestos por Gómez de Silva y Medellín (2001).

Otros estudios en zonas similares reportan un número de especies mayor, lo que se debe a distintos factores, uno de ellos es que el área necesita estudiarse sistemáticamente por más tiempo; además que la estacionalidad de algunas especies dificulta su detectabilidad (Gómez-de Silva y Medellín, 2001). En particular, se observó una baja diversidad de especies acuáticas, debido a que una buena parte de estas son migratorias y los muestreos realizados no coincidieron con su presencia. Otro grupo taxonómico poco representado fueron las aves rapaces. Aunque se registraron algunas especies se estiman más de las observadas, por lo que su ausencia quizá se deba a que ocupan territorios amplios y que algunas de éstas también son migratorias.

Los registros de este estudio difieren considerablemente con lo registrado en el programa de manejo del APFF Boquerón de Tonalá (CONANP, 2013), debido a que en él se incluyen muchas de las especies típicas de zonas con precipitación media anual mayor a la zona de estudio, particularmente afines a los bosques tropicales húmedos, los cuales no se ubican en el polígono del ANP.

Dentro de los registros observados, se destaca la presencia de un gran número especies endémicas al oeste de México y a Oaxaca, algunas de ellas como el Carpintero enmascarado (*Melanerpes chrisogenys*), el carpintero del balsas (*Melanerpes hypopolius*), el víreo amarillo (*Vireo hypocriseus*), el rascador Oaxaqueño (*Melozone albicollis*), la matraca del balsas (*Campylorhynchus jocosus*), la codorniz barrada (*Philortyx fasciatus*), el tecolote del balsas (*Megascops seducus*), y el semillero azulgris (*Amaurospiza concolor*); estos tres últimos representan registros nuevos para el estado de Oaxaca. Se destaca el último registro debido a que existen muy pocos



organismos reportados de esta especie, catalogada como en peligro de extinción (Howell y Webb, 1995; NOM-059, 2010).

### **Mammalia**

Los mamíferos son uno de los grupos más diversos en la APFF Boquerón de Tonalá, a pesar de presentar una riqueza de especies baja y similar a otros grupos como los reptiles, lo que indica que no existe una dominancia clara de alguna especie. Es relevante mencionar que, a diferencia de otras áreas, en esta ANP se concentra una comunidad de mamíferos de tamaño mediano y grande como puma, tigrillo, jaguarundi y lince (*Puma concolor*, *Leopardus wiedii*, *Herpailurus yagouaroundi*, *Lynx rufus*), que es indicio de la abundancia de espacio y recursos que necesitan estas especies para su buen desarrollo, que se traduce en un ámbito hogareño amplio y necesario para la caza, así como una diversidad de presas; como el venado cola blanca y el pecarí de collar (v. gr. *Odocoileus virginianus* y *Dicotyles angulatum*). Esta comunidad de felinos es un indicativo del buen estado de conservación del ANP, en particular de la Selva Baja Caducifolia donde se registraron.

La riqueza específica observada y estimada de especies fue menor a la que señala el plan del manejo de la ANP (CONANP, 2013), lo que se explica porque el muestreo de este trabajo se enfocó en el polígono de la ANP, priorizando las zonas más conservadas. Este enfoque de trabajo redujo la probabilidad de registrar las especies que menciona el plan de manejo y que se asocian a ambientes perturbados, en particular a zonas de cultivo, los cuales son escasos dentro del área actualmente. Además, este estudio registró 15 registros nuevos de mamíferos para el distrito de Huajuapán y en particular para la región de la Mixteca Oaxaqueña que pertenece a la parte sureña de la Cuenca del Balsas.

### **5.3. Análisis por tipos de vegetación e intervalos altitudinales**

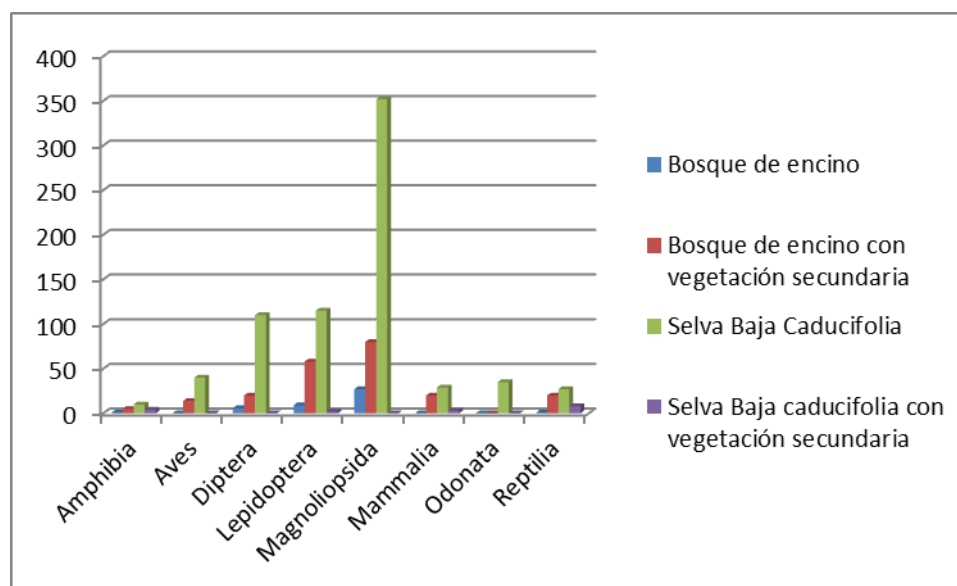
El Boquerón de Tonalá representa el 0.1% de la superficie del estado de Oaxaca y al menos cuatro tipos de vegetación en un intervalo altitudinal que va de los 1300 a los 1850 msnm. De acuerdo con los datos, los ocho grupos taxonómicos se concentran en la selva baja caducifolia, seguida del bosque de encino con vegetación secundaria, lo que tiene sentido si se considera que estos tipos de vegetación son los dominantes en el ANP (Cuadro 4, Figura 3).

Odonata, es el orden de insectos que solo se registró en las áreas con selva baja caducifolia, principalmente cerca de la vegetación riparia, debido a la dependencia alta que presenta a los cuerpos de agua de poca corriente, que necesitan para el desarrollo de su estado larval como náyades.

Es necesario mencionar que, los resultados son reflejo del sesgo en el esfuerzo de muestreo, donde la mayoría de las recolectas se realizaron en las zonas de selva baja caducifolia, ya que esta vegetación predomina en la APFF Boquerón de Tonalá y por lo tanto abarca la mayor extensión; en contraste con el bosque de encino.

**Cuadro 4.** Riqueza de especies de los grupos de estudio por tipos de vegetación.

Vegetación	Amphibia	Aves	Diptera	Lepidoptera	Magnoliopsida	Mammalia	Odonata	Reptilia	Total
Bosque de encino	1	0	6	9	27	0	0	1	<b>44</b>
Bosque de encino con vegetación secundaria	5	14	20	58	80	20	0	20	<b>217</b>
Selva Baja Caducifolia	10	40	110	108	352	29	35	27	<b>711</b>
Selva Baja caducifolia con vegetación secundaria	4	0	0	2	0	3	0	8	<b>17</b>

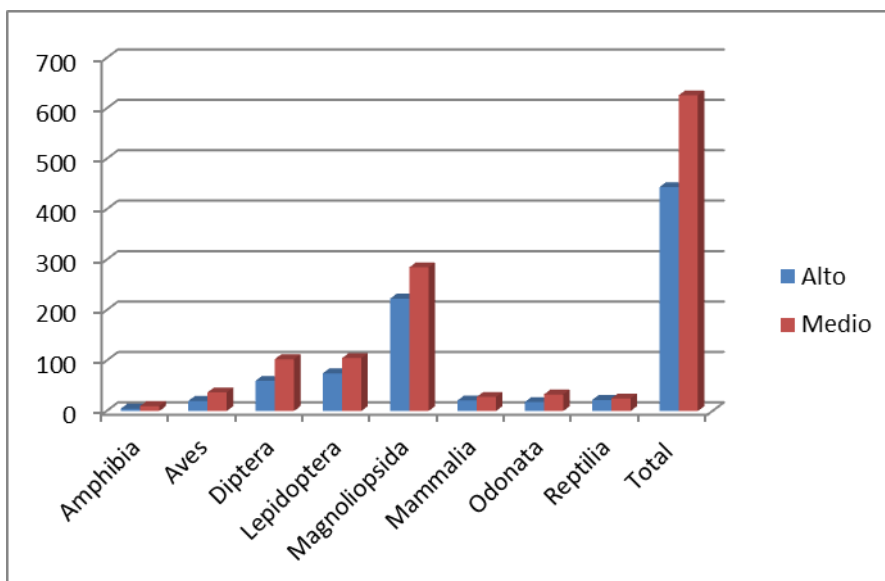


**Figura 3.** Riqueza de especies por grupo taxonómico y por tipos de vegetación en el Área Natural Protegida Boquerón de Tonalá, Oaxaca, México.

El Boquerón de Tonalá presenta un gradiente altitudinal que va de los 1300 a los 1850 msnm, el cual se dividió en dos intervalos altitudinales para su análisis: 1) Medio, de los 1300-1550 msnm y; 2) Alto, de los 1551-1800 msnm. La mayor riqueza de especies de los ocho grupos taxonómicos analizados se concentra en el estrato medio con un 59%. Este estrato abarca en su mayoría todas las localidades designadas en el presente estudio; mientras que el 41% restante, corresponde al estrato alto. Los resultados muestran un patrón altitudinal, donde la riqueza específica disminuye conforme la altitud se incrementa, sobre todo en especies ectotermas como los insectos, reptiles y anfibios (Cuadro 5, Figura 4).

**Cuadro 5.** Número de especies por grupo taxonómico en los diferentes intervalos altitudinales en el Boquerón de Tonalá, Oaxaca, México. Medio= 1300-1550 msnm y; Alto= 1551-1800 msnm.

Grupo	Amphibia	Aves	Diptera	Lepidoptera	Magnoliopsida	Mammalia	Odonata	Reptilia	Total
<b>Alto</b>	5	20	60	75	223	21	18	22	<b>444</b>
<b>Medio</b>	10	37	103	105	285	28	33	25	<b>626</b>



**Figura 4.** Distribución de la riqueza específica por grupo taxonómico en los diferentes intervalos altitudinales en el Boquerón de Tonalá, Oaxaca, México. Medio= 1300-1550 msnm y; Alto= 1551-1800 msnm.

#### 5.4. AverAves

Se cargaron al portal Averaves 1067 registros de 147 especies y 2552 individuos repartidos en 39 listados en seis localidades del APFF Boquerón de Tonalá. El rango de horario de observación abarca de las siete de la mañana hasta las seis de la tarde. La localidad con más registros es Yucununi (536 registros, 14 listas) que presenta selva baja caducifolia, seguida de La Cañada (354 registros, 15 listas) que es un bosque de encino. Esto cubre los dos ambientes con mayor distribución de la APFF.

#### 5.5. Naturalista. Fotografías

Se tomaron 650 fotografías que corresponden a 289 especies de los ocho grupos taxonómicos. Cabe señalar que 364 de las fotografías pertenecen a ejemplares vivos que se tomaron en campo, 70 a organismos observados en el sitio, pero tomadas bajo condiciones controladas y 63 a registros indirectos de especies de mamíferos. El resto se tomaron de ejemplares que se preservaron y depositaron en las colecciones científicas, particularmente de Diptera y Lepidoptera.

Del total de fotografías, 159 se incluyeron en la base de datos de BIOTICA y pertenecen a 146 especies; mientras 491 fotografías de 147 especies, se ingresaron a la plataforma de Naturalista (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Número de fotografías y especies por grupo taxonómico estudiado en el Boquerón de Tonalá, Oaxaca, México.

Grupo/Plataforma	BIOTICA		Naturalista		Total (fotografías)
	Fotografías	Especies	Fotografías	Especies	
Amphibia	4	3	29	8	33
Diptera	112	102	0	0	112
Lepidoptera	41	40	9	7	50
Magnoliopsida	0	0	212	76	212
Mammalia	0	0	117	31	117
Odonata	0	0	63	8	63
Reptilia	2	1	61	17	63
Total	159	146	491	147	650

### 5.6. Formación de recursos humanos

Se están realizando cinco tesis de licenciatura con estudiantes de la Facultad de Ciencias y de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la UNAM. Sus proyectos de tesis registrarán y analizarán con más detalle los resultados hallados en este estudio, bajo diferentes aspectos de faunística, ecología, taxonomía, sistemática y evolución. Se indican títulos tentativos de las tesis:

- Fajardo Orduña J. C. Estudio faunístico de las mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea) en el APFF Boquerón de Tonalá, Oaxaca, México. Tutor: M. Trujano Ortega.
- Torres Mejía I. D. Estudio faunístico de las libélulas (Odonata) en el APFF Boquerón de Tonalá, Oaxaca, México. Tutor: E. González Soriano.
- Mayén Zaragoza M. A. Estudio faunístico de los mamíferos (Mammalia) en el APFF Boquerón de Tonalá, Oaxaca, México. Tutor: L. León Paniagua.
- Rivadeneyra Fiscal J. B. Estudio faunístico de las aves (Aves) en el APFF Boquerón de Tonalá, Oaxaca, México. Tutor: L. A. Sánchez González.
- Sánchez García J. C. Estudio faunístico de la herpetofauna (Amphibia y Reptilia) de la APFF Boquerón de Tonalá, Oaxaca, México. Tutor: U. O. García Vázquez.

### 5.7. Publicaciones

Hasta el momento, se han preparado tres notas científicas con los registros nuevos de especies de reptiles y anfibios:

- Valdenegro-Brito, A. E., J. C. Sánchez-García, M. Domínguez-Laso, A. Nieto-Montes de Oca, and U. O. García-Vázquez. Submitted. Notes about of the geographic distribution of *Anolis microlepidotus*. Herpetological Notes.
- Sánchez-García, J. C., R. G. Martínez-Fuentes, M. Trujano-Ortega, and U. O. García-Vázquez. In prep. Rediscovery of *Tropidodipsas zwefeli* whit notes of the morphological variation.

- Martínez-Fuentes, R. G., Sánchez-García, J. C., M. Trujano-Ortega, and U. O. García-Vázquez. Geographic distribution of *Exerodonta xera*. In prep.

## VI. CONCLUSIONES

- El presente estudio presenta las primeras listas florísticas y faunísticas sistemáticas para grupos de plantas, invertebrados insectos y vertebrados terrestres que abarcan seis clases, 61 órdenes, 160 familias, 533 géneros y 860 taxones a nivel específico para el Área Natural Protegida Boquerón de Tonalá, Oaxaca, México.
- El inventario de Diptera (Bombyliidae y Syrphidae) y Lepidoptera (Papilionoidea *sensu lato*), presentan un nivel de completitud mayor del 80%. En el caso de Odonata, Amphibia, Mammalia y Reptilia fue mayor al 90%, por lo que se puede afirmar que el esfuerzo de muestreo fue adecuado para estos grupos.
- El inventario de Magnoliopsida y Aves, presentan un nivel de completitud menor al 67%, por lo que son los órdenes que requieren un mayor esfuerzo de muestreo.
- Los grupos estudiados presentan diferente grado de endemismo; sin embargo, el mayor porcentaje se registra por las especies nuevas del orden Diptera y la Clase Magnoliopsida, que presentan una mayor restricción al área de estudio en el caso de las plantas, o un mayor desconocimiento en el caso de las moscas.
- La riqueza específica de diferentes grupos taxonómicos se concentra en la Selva Baja Caducifolia, que es el tipo de vegetación predominante en el estrato medio (1300 a 1550 msnm).
- La riqueza específica presenta una relación inversa con respecto a la altitud.
- Estas listas y análisis de la diversidad serán la base de otros estudios que encaminen los esfuerzos en la conservación y en la planeación de los programas de desarrollo sustentable, así como para el desarrollo de proyectos de investigación a largo plazo en temas relevantes como el efecto del cambio climático y la vulnerabilidad de la comunidad biótica.
- Los inventarios multi taxonómicos rápidos son una buena herramienta predictiva para comenzar la planeación de las acciones del manejo de recursos y conservación. Sin embargo, en grupos diversos o con requerimientos específicos temporalmente, se requiere un mayor esfuerzo de muestreo.
- Se recomienda ampliar la información de los grupos aquí presentados para reconocer patrones temporales y espaciales con menor grado de error, lo que permitirá registrar aspectos biológicos, ecológicos y distribucionales más precisos e informativos sobre estas comunidades.

## VII. LITERATURA CITADA

- Álvarez-Castañeda, S. T., T. Álvarez, N. González-Ruiz. 2015. Guía para la identificación de los mamíferos de México en campo y laboratorio. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. Primera Edición. Guadalajara, México. 522p
- Aquino García, D. y A. Arias. 2010. Cactáceas del Distrito de Nochixtlán, Oaxaca, México. *Cact. Suc. Mex.*, 55: 68–84.
- Aranda M. 2000. Huellas y otros rastros de los mamíferos medianos de Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A. C. México.
- Arias, S., S. Gama-López, L. U. Guzmán-Cruz, B. Vázquez-Benítez. 2012. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. 95. Cactaceae Juss. 2da ed. Instituto de Biología, UNAM. México, D.F., 235 pp.
- Ávalos-Hernández, O. 2007. Bombyliidae (Insecta: Diptera) de Quilamula en el área de reserva Sierra de Huautla, Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 23: 139–169.
- Beck, J., and W. Schwanghart. 2010. Comparing measures of species diversity from incomplete inventories: an update. *Methods in Ecology and Evolution*, 1: 38-44.
- Binford, L. C. 1989. A distributional survey of the birds of the Mexican state of Oaxaca. American Ornithologists' Union, Washington, DC.
- Bridson, D., y L. Forman. 1998. *The Herbarium Handbook* (third edition). Royal Botanic Gardens, Kew, Reino Unido, 348 pp.
- Briones-Salas, M. y V. Sánchez-Cordero. 2004. Mamíferos. En: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (Eds.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. México, pp. 423–447.
- Burgos, A. y J. M. Maass. 2004. Vegetation change associated with land use in tropical dry forest areas of Western México. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 104: 475–481.
- Callaghan, C. J., J. Llorente-Bousquets y A. Luis-Martínez. 2011. A new Mexican *Mesene* (Lepidoptera, Riodinidae). *Zootaxa*, 2896: 53–64.
- Callaghan, C. J., J. Llorente-Bousquets y A. Luis-Martínez. 2013. A new species of *Euselasia* Hübner from Meso-America and Mexico with notes on the eurypus group (Lepidoptera, Riodinidae). *Zootaxa*, 3701: 54–62.

- Campbell J. A. y W. W. Lamar (Eds.). 2004. Venomous reptiles of the Western hemisphere. Vol. 2. Cornell University Press, Ithaca, N.Y., 870 pp.
- Canseco Márquez, L. y M. G. Gutiérrez Mayén. 2010. Anfibios y reptiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. México, DF: CONABIO: Fundación para la Reserva de la Biósfera Cuicatlán; Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla.
- Castro-Torreblanca, M., E. Blancas-Calva, G. M. Rodríguez-Mirón y D. N. Espinosa-Organista. 2014. Patrones espaciales de distribución y diversidad de la avifauna en la provincia del Balsas. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85: 823–830.
- Challenger, A. y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres. *Capital natural de México*, 1: 87–108.
- Chao, A. y T.J. Shen. 2003. Nonparametric estimation of Shannon's index of diversity when there are unseen species in sample. *Environmental and Ecological Statistics*, 10: 429-443.
- Chao, A. y T.J. Shen. 2010. Program SPADE (Species Prediction And Diversity Estimation). User guide: <<http://chao.stat.nthu.edu.tw>>.
- Colwell R. K. y J. A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 345: 101–118.
- CONANP. 2013. Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Boquerón de Tonalá. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México D.F., 151 pp.
- Corbet, P. S. 1999. *Dragonflies: behaviour and ecology of Odonata*. Cornell University Press, Ithaca, NY., 829 pp.
- Daly, D. C. 2010. Neotropical Burseraceae. En: Milliken, W., B. Klitgård y A. Baracat. Neotropikey - Interactive key and information resources for flowering plants of the Neotropics. Disponible en: <http://www.kew.org/science/tropamerica/neotropikey/families/Burseraceae.htm>.
- De la Maza, R. R. 1987. *Mariposas Mexicanas. Guía para su Determinación*. Fondo de Cultura Económica. Colección Ciencia y Tecnología, México, D.F., 302 pp.
- Del Villar, D. 1999. *Técnicas para el Control de Aves Plaga*. Unidad Nacional de Referencia en Roedores, Aves y Malezas, Dirección General de Sanidad Vegetal, Comisión Nacional de Sanidad Agropecuaria-SAGAR. México. D.F., 62 pp.
- Escalante, P., A. G. Navarro-Sigüenza y A. T. Peterson. 1998. Un análisis geográfico, ecológico e histórico de la diversidad de aves terrestres de México. En: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. lot y J. Fa. (Eds.) *Diversidad biológica de México*.

- Orígenes y distribución. Instituto de Biología. UNAM, México, D. F., pp. 279–304.
- Evenhuis, N. L. y D. J. Greathead. 2015. World catalog of bee flies (Diptera: Bombyliidae). Edición revisada. Disponible en: <http://hbs.bishopmuseum.org/bombcat/bombcat-revised2015.pdf>
- Fitzgerald, L. A., C. W. Painter, A. Reuter y C. Hoover. 2004. Collection, trade, and regulation of reptiles and amphibians of the Chihuahuan Desert Ecoregion. Traffic North America. World Wildlife Found, Washington D.C.
- Flores-Manzanero, A., G.E. González-Pérez, M.A. Vásquez-Dávila y G.I. Manzanero-Medina. 2013. Conocimiento y usos de *Odocoileus virginianus* en Santo Domingo Tonalá, Oaxaca. *THERYA*, 4: 103–112.
- Flores-Villela, O. 1993. Herpetofauna Mexicana. Special Publication Carnegie Museum of Natural History, 17: 1–73.
- Flores-Villela, O., F. Mendoza y G. González (Comps.). 1995. Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México: Publicaciones Especiales del Museo Zoología, UNAM, 10: 1–285.
- Flores-Villela, O. y L. Canseco-Márquez. 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.), 20: 115–144.
- Flores-Villela, O. y U. O. García-Vázquez. 2014. Biodiversidad de reptiles en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85: 467–475.
- García, C. V. 1987. Estudio taxonómico del Suborden Zygoptera del Estado de Morelos (Insecta: Odonata). Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, UNAM.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Offset Larios, México, 217 pp.
- García-Mendoza, A. J., M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas. 2004. Biodiversidad de Oaxaca. México: Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México, 605 pp.
- García-Mendoza, A.J. y J.A. Meave. 2011. Diversidad florística de Oaxaca: de musgos a angiospermas (colecciones y lista de especies). Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México D.F. 351 pp.
- García-Vázquez, U., L. Canseco-Márquez, J. L. Aguilar-López, C. A. Hernández-Jiménez, J. Maceda-Cruz, M. G. Gutiérrez-Mayén y E. Y. Melgarejo-Vélez. 2006. Análisis de la distribución de la herpetofauna en la región Mixteca de Puebla, México. En: Ramírez-Bautista, A., L. Canseco-Márquez y F. Mendoza-Quijano (Eds.). Inventarios herpetofaunísticos de México: avances en el conocimiento de su biodiversidad.



- Sociedad Herpetológica Mexicana. Publicaciones Especiales 3. S y G Editores. México, D.F., pp. 152–169.
- Gimenez-Dixon, M. 1996. *Baronia brevicornis*. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.1. URL: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)
- Glassberg, J. 2007. A Swift guide to the Butterflies of Mexico and Central America. Sunstreak Books Inc., 265 pp.
- Gómez de Silva, H. & R. A. Medellín. 2001. Evaluating completeness of species lists for conservation and macroecology: a case study of Mexican land birds. *Conservation Biology*, 15(5), 1384-1395.
- González-García, F., y H. Gómez de Silva. 2003. Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación. En: Gómez de Silva, H. y A. Oliveras de Ita (Eds.). *Conservación de aves: experiencias en México*. CIPAMEX/CONABIO/NFWF, México, D.F., pp. 150–194.
- González-Soriano, E. y R. Novelo-Gutiérrez. 2014. Biodiversidad de Odonata en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85: 243–251.
- González-Valencia, L.S. 2006. Análisis de la odonatofauna de la localidad de Dominguillo, Oaxaca, México (Insecta: Odonata). Tesis Licenciatura (Biología). UNAM.
- Guzmán, U., S. Arias y P. Dávila. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas. UNAM-CONABIO. México D.F. 315 pp.
- Hall, E. R. 1962. Collecting and preserving study specimens of vertebrates. University of Kansas Publications, Museum of Natural History, 30:1–46.
- Hansen, B. y K. Rahn. 1969. Determination of angiosperm families by means of a punched-card system. *Dansk Botanisk Arkiv*, 26: 1-46.
- Hernández, H. M., C. Gómez-Hinostrosa y B. Goettsch Cabello. 2004. Cactáceas. En: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (Eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. México, pp. 199-207.
- Howell, S. N. y S. Webb. 1995. A guide to the birds of Mexico and northern Central America. Oxford University Press. 851 p.
- Hull, F. M. 1973. The beeflies of the world. The genera of the family Bombyliidae. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., 687 pp.
- Censo de Población y Vivienda. 2010. Síntesis metodológica y conceptual del Censo de Población y Vivienda 2010/Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México

- Kilpatrick, C. W. 2002. Noncryogenic preservation of mammalian tissues for DNA extraction: an assessment of storage methods. *Biochemical Genetics*, 40: 53–62.
- Knapp, S. 2009. Neotropical Solanaceae. En: Milliken, W., B. Klitgård y A. Baracat. Neotropikey - Interactive key and information resources for flowering plants of the Neotropics.
- Kremen, C. 1992. Assessing the Indicator Properties of Species Assemblages for Natural Areas Monitoring. *Ecological Applications*, 2: 203–217.
- Lewis, G. P. 2005. Legumes of the world. Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, Reino Unido.
- Liner, E. A. 2007. A checklist of the amphibians and reptiles of Mexico. Occasional Papers of the Museum of Natural Science. Louisiana State University No. 80. 60 pp.
- Llorente, J., E. González, A. N. García y C. Cordero. 1996. Breve Panorama de la Taxonomía de Artrópodos en México. Cap. 1. En: Llorente, J., A. N. García y E. González (Eds.). Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una Síntesis de su Conocimiento. Instituto de Biología. UNAM. México, pp. 3–14
- Llorente, J., L. Oñate, A. Luis y I. Vargas. 1997. Papilionidae y Pieridae de México: Distribución Geográfica e Ilustración. Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. viii + 227 pp.
- Llorente-Bousquets, J., A. Luis-Martínez, y A. Arellano-Covarrubias. 2013. Una nueva subespecie de *Synargis nymphidioides* (Butler, 1872) (Lepidoptera, Riodinidae): predicción a partir de un centro de endemismo de la Sierra Madre del Sur, México. *Southwestern Entomologist*, 38: 623–633.
- Llorente-Bousquets, J., I. Vargas-Fernández, A. Luis-Martínez, M. Trujano-Ortega, B. C. Hernández-Mejía, y A. D. Warren. 2014. Biodiversidad de Lepidoptera en México. *Rev. Mex. Biodivers.*, Supl. 85: S353–S371.
- Lot, A., y F. Chiang-Cabrera. 1986. Manual de herbario: administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Consejo nacional de la Flora de México.
- Lorea-Hernández, F. G. 2002. La familia Lauraceae en el sur de México: diversidad, distribución y estado de conservación. *Bol. Soc. Bot. México*, 71: 59–70.
- Lorea-Hernández, F. G. y N. Jiménez-Pérez. 2010. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. 82. Lauraceae Juss. Instituto de Biología, UNAM. México, D.F. 14 pp.

- Luis, A., J. Llorente y I. Vargas. 2003a. Nymphalidae de México I (Danainae, Apaturinae, Biblidinae y Heliconiinae): Distribución Geográfica e Ilustración. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México, 249 pp.
- Luis, A., J. Llorente, I. Vargas y A. D. Warren. 2003b. Biodiversity and Biogeography of Mexican butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 105: 209–224.
- Luis, A., J. Llorente, A. D. Warren e I. Vargas. 2004. Los lepidópteros: papilionoideos y hesperioideos. En: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (Eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. México, pp. 331-356.
- Luis-Martínez, A., B. Hernández-Mejía, M. Trujano-Ortega, A. Warren, J. Salinas-Gutiérrez, O. Ávalos-Hernández y J. Llorente-Bousquets. 2016. Avances Faunísticos en los Papilionoidea (Lepidoptera) sensu lato de Oaxaca, México. *Southwestern Entomologist*, 41: 171–224.
- Luna-José, A. L. y B. Rendón-Aguilar. 2008. Recursos vegetales útiles en diez comunidades de la Sierra Madre del Sur, Oaxaca, México. *Polibotánica*, 26: 193–242.
- Luna-León, C., N. Valladares-Orosio, V. M. Domínguez-Márquez y C. Catalán-Heverástico. 2012. Papilionoidea (Insecta: Lepidoptera) de Agua Escondida, Taxco de Alarcón, Guerrero. *Entomología Mexicana*, 11: 1634–1638.
- Luna-Reyes, M., J. Llorente-Bousquets y A. Luis-Martínez. 2008. Papilionoidea de la Sierra de Huautla, Morelos y Puebla, México (Insecta: Lepidoptera). *Revista de biología tropical*, 56: 1677–1716.
- Luna-Reyes, M. D. L. M., J. Llorente-Bousquets, A. Luis-Martínez y I. Vargas-Fernández. 2010. Composición faunística y fenología de las mariposas (Rhopalocera: Papilionoidea) de Cañón de Lobos, Yautepac, Morelos, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 81: 315–342.
- Luna-Reyes, M., A. Luis-Martínez, I. Vargas-Fernández y J. Llorente-Bousquets. 2012. Mariposas del estado de Morelos, México (Lepidoptera: Papilionoidea). *Revista mexicana de biodiversidad*, 83: 623–666.
- Machkour-M'Rabet S, Leberger R, León-Cortés JL, Gers C, Legal L (2014). Population structure and genetic diversity of the only extant Baroninae swallowtail butterfly, *Baronia brevicornis*, revealed by ISSR markers. *Journal of Insect Conservation*, 18: 385-396.

- Martínez, M., M. Rodríguez, A. Vargas, O. y F. Chiang. 2011. Catálogo Nomenclatural de las Solanaceae de México. Universidad Autónoma de Querétaro. Informe Final SNIB-CONABIO. Proyecto HS004. México, D.F.
- McAlpine, J. F., B. V. Peterson, G. E. Shewell, H. J. Teskey, J. R. Vockeroth y D. M. Wood (Eds.). 1981. Manual of Nearctic Diptera, vol. 1; Ottawa: Research Branch, Agriculture Canada, Monograph 27.
- Meave, J. A., M. A. Romero-Romero, S. H. Salas-Morales, E. A. Pérez-García y J. A. Gallardo-Cruz. 2012. Diversidad, amenazas y oportunidades para la conservación del bosque tropical caducifolio en el estado de Oaxaca, México. *Ecosistemas*, 21: 85–100.
- Medellín, R. A., H. T. Arita y O. Sánchez, O. 2008. Identificación de los murciélagos de México, clave de campo (2ª ed.). México D.F. Instituto de Ecología, UNAM/CONABIO.
- Medina-Lemos, R. 2013. Una nueva especie de *Bursera* (Burseraceae) del sur de México. *Acta Botánica Mexicana*, 103: 19–25.
- Medina-Lemos, R. y R. M. Fonseca. 2009. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. 71. Anacardiaceae. Instituto de Biología, UNAM. México, D.F. 54 pp.
- Miranda, F. 1947. Estudios sobre la vegetación de México V. Rasgos de la vegetación de la Cuenca del Río de Las Balsas. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 8: 95–114.
- Miranda, F., y X. Hernández. 1963. Fisiografía y vegetación. Las zonas áridas del centro y noreste de México. Ed. IMRNR. México, D.F., 1-27.
- Miranda, G. F. G., A. D. Young, M. M. L Locke, S. A. Marshall, J. H. Skevington y F. C. Thompson. 2013. Key to the genera of Nearctic Syrphidae. *Canadian Journal of Arthropod Identification*, 23: 1-351.
- Morales, M. A. 2000. Análisis de la odonatofauna (Insecta: Odonata) de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Morelos. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos.
- Morrone, J. J., D. Espinosa Organista y J. Llorente Bousquets. 2002. Mexican biogeographic provinces: preliminary scheme, general characterizations, and synonymie. *Acta zoológica mexicana*, 85: 83–108.
- Murie, O. J. 1982. A fieldguide to animal tracks. Segunda edición. Houghton Mifflin Company, Boston, New York.
- Murillo-Hiller, L. R. 2008. Clave dicotómica para la identificación de las familias de mariposas (Rhopalocera) pertenecientes a la superfamilias Papilionoidea y Hesperioidea. Museo de insectos (CIPROC) Escuela de agronomía universidad de

costa rica, 3: 6–11.

- Navarro-Sigüenza, A. G., E. García T., A. T. Peterson y V. Rodríguez-Contreras. 2004. Aves. En: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (Eds.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. México, pp. 391-421.
- Norma Oficial Mexicana, NOM-059-SE-MARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación 30 de diciembre de 2010.
- Padilla-Álvarez, C. F. y L. A. Cuesta. 2003. Zoología Aplicada. Díaz Santos, S. A., Madrid, España, 462 pp.
- Pagaza Calderón, E. M. y R. Fernández Nava. 2004. La familia Bombacaceae en la cuenca del Río Balsas México. Polibotánica, 17: 71–102.
- Parra-Olea, G., O. Flores-Villela y C. Mendoza-Almeralla. 2014. Biodiversidad de anfibios en México. Revista mexicana de biodiversidad, 85: 460–466.
- Pell, S. K. 2009. Neotropical Anacardiaceae. En: Milliken, W., B. Klitgård y A. Baracat. Neotropikey - Interactive key and information resources for flowering plants of the Neotropics. Disponible en: <http://www.kew.org/science/tropamerica/neotropikey/families/Anacardiaceae.htm>.
- Perlo, B. V. y B. Van. 2006. Birds of Mexico and central America. Princeton University Press, Nueva Jersey, 336 pp.
- Peterson, R. T., y E. L. Chalif. 1989. Aves de México: Guía de campo. Diana. México, D.F., 473 pp.
- Pisani, G. R. y J. Villa. 1974. Guía de técnicas de preservación por anfibios y reptiles. Herpetological Circular No. 2. Soc. Stud. Amphibian and Reptiles, 22 pp.
- Pozo, C., B. Prado y A. N. Castañeda-Sortibrán. 2015. Updating Genomic Data of Lepidoptera. En: Raman, C., M. R. Goldsmith, T. A. Agunbiade (Eds.). Short Views on Insect Genomics and Proteomics. Springer International Publishing, pp. 41–73.
- Ramírez-García, E. y M. A. Sarmiento-Cordero. 2004. Syrphidae (Diptera) de la Estación de Biología Chamela. En: García Aldrete, A.N. y R. Ayala (Eds.). Artrópodos de Chamela. Instituto de Biología, UNAM. México, D.F., pp. 181–191.
- Rico-Arce, M. L. 2001. El género *Acacia* (Leguminosae, Mimosoideae) en el estado de Oaxaca, México. Anales Jard. Bot. Madrid, 58: 251–302.

- Ríos-Muñoz, C. A. 2006. Patrones biogeográficos de la avifauna de las selvas secas de Mesoamérica. Tesis de maestría, Posgrado en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F. 73 pp.
- Rodríguez, A. 2004. Solanáceas. En: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (Eds.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. México, pp. 297–303
- Rydon, A. 1964. Notes on the use of butterfly traps in East Africa. *Journal of the Lepidopterological Society*, 18: 51–58.
- Rzedowski, J., 1986. Vegetación de México. 2a. edición. Limusa, México, 504 pp.
- Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. 2002. Dos especies nuevas de *Bursera* (Burseraceae) del estado de Oaxaca (México). *Acta Botánica Mexicana*, 59: 81–60.
- Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. 2004. Copales y cuajiotos. En: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (Eds.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. México, pp. 193–198.
- Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. 2006. Dos especies nuevas de *Bursera* (Burseraceae) de México. *Acta Botánica Mexicana*, 74: 169–178.
- Santos-Moreno, A. 2014. Los mamíferos del estado de Oaxaca. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva época)*, 4: 18–32.
- Sarmiento-Cordero, M. A., E. Ramírez-García y A. Contreras-Ramos. 2010. Diversidad de la familia Syrphidae (Diptera) en la Estación de Biología “Chamela”, Jalisco, México. *Dugesiana*, 17: 197–207.
- Scoble, M. 1992. *The Lepidoptera: form, function and diversity*. Oxford University Press, Nueva York, 404 pp.
- Sekercioglu, C. H. 2006. Ecological significance of bird populations. *Handbook of the Birds of the World*, 11: 15–51.
- Semarnat. 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. *Diario Oficial de la Federación*, 6 de marzo.
- SERBO, Sociedad para el Estudio de los Recursos Bióticos de Oaxaca. 2009. Estudio para realizar el inventario florístico del Boquerón de Tonalá. Informe técnico. SERBO. A.C.-Conanp.

- Sousa, S., R. Medina L., G. Andrade M. y M. L. Rico A. 2004. Leguminosas. En: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (Eds.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. México, pp. 249–269.
- Stotz, D. F., J. W. Fitzpatrick, T.A. Parker III y D.K. Moskovits. 1996. Neotropical birds: ecology and conservation. University of Chicago Press, Chicago, 502 pp.
- Thompson, F. C., J. R. Vockeroth y Y. S. Sedman. 1976. Family Syrphidae. En: Vanzolini, P. E. y N. Papavero (Eds.). A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States, 46. Departamento de Zoología, Secretaria da Agricultura Sao Paulo, Brazil, pp. 1-195.
- Thompson, F. C. 1999. A key to the genera of the flower flies (Diptera: Syrphidae) of the Neotropical Region including descriptions of new genera and species and a glossary of taxonomic terms. Contributions on Entomology, International, 3: 322–348.
- Torres Colín, R. 2004. Tipos de vegetación. En: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (Eds.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. México, pp. 105–117.
- Trejo, I., y R. Dirzo. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. Biological conservation, 94: 133–142.
- Trujano-Ortega, M., A. Luis y J. Llorente. 2015. Variación morfológica y distribución de *Theope villai* (Lepidoptera: Riodinidae). Southwestern Entomologist, 40: 333–350.
- Vargas-Fernández I., J. Llorente-Bousquets, A. Luis-Martínez y C. Pozo. 2008. Nymphalidae de México II (Libytheinae, Ithomiinae, Morphinae y Charaxinae): distribución geográfica e ilustración. Universidad Autónoma de México y CONABIO, México, 225 pp.
- Vázquez, L., H. Moya y M. del Coro Arizmendi. 2009. Avifauna de la selva baja caducifolia en la cañada del río Sabino, Oaxaca, México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 80: 535–549.
- Villaseñor, J. L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. Interciencia, 28: 160–167.
- Warren, A. D., K. J. Davis, N. V. Grishin, J. P. Pelham, E. M. Stangeland. 2013. Interactive Listing of American Butterflies. (<http://www.butterfliesofamerica.com>)
- Westfall, M. J., Jr y M. L. May. 1996. Damselflies of North America. Sci. Publr., Gainesville, Florida. 649 pp.

Wilson, D. E. y D. M. Reeder (eds.). 2005. Mammal species of the World, a taxonomic and geographic reference. 3ra edición. Smithsonian Institution Press. American Society of Mammalogists. Washington D.C.

Zumaya, S., H. Flores-Olvera y T. Borsch. 2013. Two new Mexican endemic species of *Iresine* (Amaranthaceae). *Systematic Botany*, 38: 434–443.