

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

---

---

**Influencia de la composición de plantas  
leñosas sobre la comunidad de  
Cerambycidae (Coleoptera) de San  
Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos.**

P R E S E N T A:

JOSÉ GUADALUPE MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

**DIRECTOR DE TESIS:** Dr. VÍCTOR HUGO TOLEDO HERNÁNDEZ

CUERNAVACA, MORELOS.

**JUNIO DE 2019**

## ÍNDICE

Resumen general	i
Introducción general	1
Grupo en estudio	3
Hipótesis y Objetivos	5

### Capítulo 1

Estructura de la comunidad de Cerambycidae (Coleoptera) en un bosque tropical caducifolio al norte de Morelos, México.

Resumen	6
Introducción	8
Materiales y métodos	9
Resultados	11
Discusión	13
Literatura citada	17

### Capítulo 2

Seasonal diversity of Cerambycidae (Coleoptera) is more complex than thought: evidence from a tropical dry forest of Mexico

Resumen	26
Introducción	27
Materiales y métodos	29
Resultados	32
Discusión	33
Literatura citada	37

### Capítulo 3

Efecto de la heterogeneidad del hábitat en la comunidad de Cerambycidae (Coleoptera) en un bosque tropical caducifolio al norte de Morelos, México

Resumen	49
Introducción	50
Materiales y métodos	52
Resultados	56
Discusión	59
Literatura citada	62
Discusión y conclusión general	75
Literatura citada	79
Lista de las especies	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Vista dorsal de: A) <i>Lagocheirus araneiformis ypsilon</i> , B) <i>Sphaenothecus trilineatus</i> , C) <i>Tylosis puncticollis</i> y D) <i>Eburia cruciata</i>	4
<b>Capítulo 1</b>	
<b>Figura 1.</b> Ubicación geográfica del ejido de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos	24
<b>Figura 2.</b> Relación entre la precipitación media mensual y la riqueza y abundancia de Cerambycidae del bosque tropical caducifolio de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos	24
<b>Figura 3.</b> Ordenamiento de la comunidad de Cerambycidae del bosque tropical caducifolio de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos. El ordenamiento fue realizado con la técnica NMDS basada en una matriz de similitudes faunísticas (índice de Jaccard) entre meses de muestreo. En cada dimensión se muestran las variables que correlacionan con ella	25
<b>Capítulo 2</b>	
<b>Figure 1.</b> Geographic location of the study area in the state of Morelos, in the municipality of Tepoztlán and the ejido of San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos. Contour lines are separated by 1000 m a.s.l. and the polygon is the urban area	46
<b>Figure 2.</b> Monthly wealth and abundance of the Cerambycidae community of San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos. The bars are the historical average of monthly precipitation	46
<b>Figure 3.</b> Non-metric multidimensional scaling (NMDS) ordering of the community of cerambycids in a TDF of central Mexico	47
<b>Capítulo 3</b>	
<b>Figura 1.</b> Ubicación de los sitios de muestreo en el ejido de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos	72
<b>Figura 2.</b> Gráfica de dominancia/diversidad de Cerro de la Cal, Derrame de Lava y Cerro de la Cruz; las letras (A-E) representan las cinco especies más abundantes: A) <i>T. puncticollis</i> , B) <i>L. araneiformis ypsilon</i> , C) <i>S. trilineatus</i> , D) <i>M. oberoides</i> y E) <i>L. obsoletus obsoletus</i> .	73
<b>Figura 3.</b> Perfiles de diversidad de los tres sitios de muestreo en San Andrés de la Cal	73
<b>Figura 4.</b> Gráfica del escalamiento multidimensional de los valores de Jaccard entre los sitios de muestreo	74
<b>Figura 5.</b> Gráficas del análisis de componentes principales, A) representación de los factores uno y dos, y B) círculo de correlaciones	74

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Capítulo 1</b>	
<b>Tabla 1.</b> Número de tribus, géneros, especies e individuos por subfamilia de Cerambycidae encontrados en el bosque tropical caducifolio de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos	23
<b>Tabla 2.</b> Valores mensuales de abundancia, diversidad y del logaritmo de la equitatividad relativa para la comunidad de Cerambycidae del bosque tropical caducifolio de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos.	23
<b>Capítulo 2</b>	
<b>Table 1.</b> Values of diversities, abundance, sample coverage of Cerambycidae, the environmental variables temperature and precipitation and months per seasonal subgroup in San Andrés de la Cal	48
<b>Capítulo 3</b>	
<b>Tabla 1.</b> Número de individuos, especies, géneros y tribus por subfamilia para San Andrés de la Cal y los tres sitios de muestreo	67
<b>Tabla 2.</b> Valores de riqueza observada, unicatas, duplicatas cobertura de muestra, estimada proporción de especies raras y la desigualdad logarítmica relativa de cerambícidos para los tres sitios de muestreo en San Andrés de la Cal	68
<b>Tabla 3.</b> Valores de diversidad beta de Cerambycidae y plantas leñosas entre sitios de muestreo	68
<b>Tabla 4.</b> Valores de las variables de heterogeneidad de hábitat: riqueza, abundancia, diversidad, altura promedio, área basal acumulada de plantas leñosas, cantidad y calidad de la madera muerta, cobertura del dosel y coeficiente de variación de altura, área basal acumulada, cantidad y calidad de la madera muerta y cobertura del dosel por sitio de muestreo	68
<b>Tabla 5.</b> Valores de correlación entre las variables de heterogeneidad y los factores del análisis de componentes principales	70

## RESUMEN

En este trabajo se trata de entender la relación que existe entre la riqueza, abundancia y diversidad de la comunidad de la familia Cerambycidae con la heterogeneidad de hábitat del bosque tropical caducifolio (BTC) o selva baja caducifolia (SBC) del norte del estado de Morelos, en la localidad de San Andrés de la Cal del municipio de Tepoztlán, en particular con la riqueza, abundancia y diversidad de las plantas leñosas de tres sitios de colecta seleccionados dentro de la localidad (Cerro de la Cruz, Cerro de la Cal y Derrame de Lava) de los que por trabajos previos se conocía la diferencia en sus comunidades de plantas leñosas.

El primer paso de este trabajo fue conocer las especies de cerambícidos y de plantas leñosas en el BTC de cada sitio de muestreo, para los cerambícidos se realizó un muestreo sistemático de un año utilizando métodos de recolecta directa, sumado a la utilización de métodos de recolecta indirecta (trampas), para las plantas leñosas se tomaron los datos de todos los individuos con un diámetro a la altura del pecho (DAP)  $\geq 2.5$  cm para conocer la riqueza, abundancia, diversidad, altura promedio, área basal acumulada, además se cuantificó la cantidad y calidad de madera muerta y la cobertura del dosel dentro de tres cuadrantes de  $50 \times 10$  m por sitio.

En total se tuvieron 134 especies de cerambícidos, aportando 25 nuevos registros para el estado de Morelos y 51 especies de plantas leñosas ampliando el conocimiento de la vegetación del área. El muestreo sistemático permitió realizar un análisis de la estacionalidad de este grupo de coleópteros, en el cual al relacionar los datos climáticos del área de estudio (San Andrés de la Cal) con los parámetros de la comunidad de cerambícidos se encontró que el patrón estacional de los cerambícidos está formado por cuatro periodos temporales claramente diferenciables ligados a la fenología del BTC.

Al evaluar la relación entre la comunidad de la familia Cerambycidae con la heterogeneidad de hábitat del BTC encontramos que los tres sitios de muestreo exponen diferencias en los cerambícidos que albergan, los análisis indican que estas diferencias entre las comunidades de cerambícidos de cada sitio están estrechamente correlacionadas con la heterogeneidad de hábitat, particularmente con la abundancia, diversidad, área basal, cobertura del dosel y la cantidad y calidad de la madera muerta.

## INTRODUCCIÓN

La heterogeneidad ambiental hace referencia a diversos factores que varían en el espacio y el tiempo (Pianka, 1978), la variación de estos factores bióticos y abióticos generan características particulares de hábitat y la acción de estas características sobre las comunidades de especies animales o vegetales que ocurren en dicho hábitat desarrollan diferentes respuestas como patrones de segregación, cambios morfológicos o de uso de recursos (Berazategui, 2012).

La heterogeneidad ambiental influye sobre el tipo de vegetación presente en un lugar, mediante su diferenciación morfológica, fisiológica y fenológica, esta diferenciación es determinada por diferentes factores ambientales, entre los que resaltan las condiciones climáticas, geomorfológicas y la altitud (Kolasa y Rollo, 1991; Santibáñez-Andrade *et al.*, 2009). En ambientes terrestres son las comunidades vegetales las que determinan la estructura física del ambiente, influyendo en la distribución e interacción de las especies animales. Se reconoce que el grado de complejidad de estas comunidades se relaciona positivamente con la diversidad faunística (Lassau y Hochuli, 2005), esta relación se denomina hipótesis de la heterogeneidad del hábitat y asume que la complejidad del hábitat provee de más micro hábitats, así incrementar la diversidad de especies (Bazzaz, 1975).

El estudio de la heterogeneidad de hábitat ha tomado importancia ante la pérdida de biodiversidad por la homogenización biótica, ocasionada por las actividades humanas (Olden *et al.*, 2018), en general, el estudio del efecto de la heterogeneidad ambiental sobre las comunidades animales se ha centrado en los vertebrados encontrando trabajos para sus principales grupos: mamíferos (Cramer y Willing, 2002), aves (Poulsen, 2002), reptiles (Pianka, 1967) y anfibios (Vallan, 2002).

Para los artrópodos se sabe que la riqueza de especies es mayor en hábitats más complejos, reconocidos en función de la heterogeneidad en el arreglo de la estructura física del ambiente (Lassau y Hochuli, 2005; Lassau *et al.*, 2005; Novotny *et al.*, 2006). Mientras que la información sobre este efecto en las comunidades de insectos se ha enfocado para unos cuantos ordenes: Coleoptera (Zerm *et al.*, 2001), Hemiptera (Sobek *et al.*, 2009b), Hymenoptera (Perfecto y Snelling, 1995), Lepidoptera (Hamer *et al.*, 2003) o en grupos de insectos diferenciados por la forma de explotar un recurso: herbívoros (Novotny *et al.*, 2006), saproxilófagos (Schiegg, 2000). Para estos últimos se ha puesto de manifiesto que la

heterogeneidad del hábitat favorece su diversidad, esto por la amplia gama de microhábitats que ofrece el intrincado arreglo de la estructura de un hábitat heterogéneo (Tews *et al.*, 2004; Sobek *et al.*, 2009a; Bouget *et al.*, 2013).

Uno de los ecosistemas considerados altamente heterogéneos no solo por la diversidad biológica que alberga sino también por la variedad topográfica y climática sobre la que se distribuyen, son los ecosistemas tropicales, en México más de la mitad de los ecosistemas tropicales corresponden a selva baja caducifolia (SBC, *sensu* Miranda y Hernández-X, 1963) o bosque tropical caducifolia (BTC, *sensu* Rzedowski 1978).

El BTC es un ejemplo del efecto de la heterogeneidad ambiental sobre las comunidades de especies vegetales y de vertebrados. Se ha demostrado que la composición florística de este tipo de vegetación varía a lo largo de su distribución en el territorio mexicano y que esta variación es consecuencia de diferentes factores ambientales como: cantidad de lluvia anual, temperatura, características geomorfológicas y altitud (Balvanera, 2002; Pérez-García *et al.*, 2005; Trejo, 2005). Este tipo de vegetación alberga alrededor de un tercio de la riqueza y endemismos de vertebrados terrestres y plantas vasculares de la nación (Trejo, 2005; Ceballos *et al.*, 2010).

La información sobre la diversidad de insectos existentes en el BTC mexicano es reducida. El conocimiento sobre este grupo de organismos se concentra en la región de Chamela, Jalisco para ocho grupos de insectos (Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Thysanoptera y Tricoptera) y se restringe a estudios regionales que abordan la riqueza de especies a escala local y algunos presentan información sobre los cambios en composición y abundancia ligados a la estacionalidad (Zaragoza-Caballero *et al.*, 2010).

Este mismo patrón de centralización de estudios de insectos particularmente del orden Coleoptera en el BTC, ocurre en el estado de Morelos, en donde el BTC es la vegetación predominante cubriendo aproximadamente el 60% (2,927.4 Km<sup>2</sup>) de su superficie total (Trejo y Hernández, 1996), para este estado existen trabajos para varias familias de escarabajos (Reza, 2010; Toledo-Hernández *et al.*, 2015) particularmente al sur del estado, en localidades de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH).

Tomando en cuenta lo anterior el objetivo de este trabajo es analizar si existe una relación entre la riqueza, abundancia y diversidad de la comunidad de la familia

Cerambycidae con las variables riqueza, abundancia y diversidad de las plantas leñosas (heterogeneidad de hábitat) del bosque tropical caducifolio (BTC) del norte del estado de Morelos.

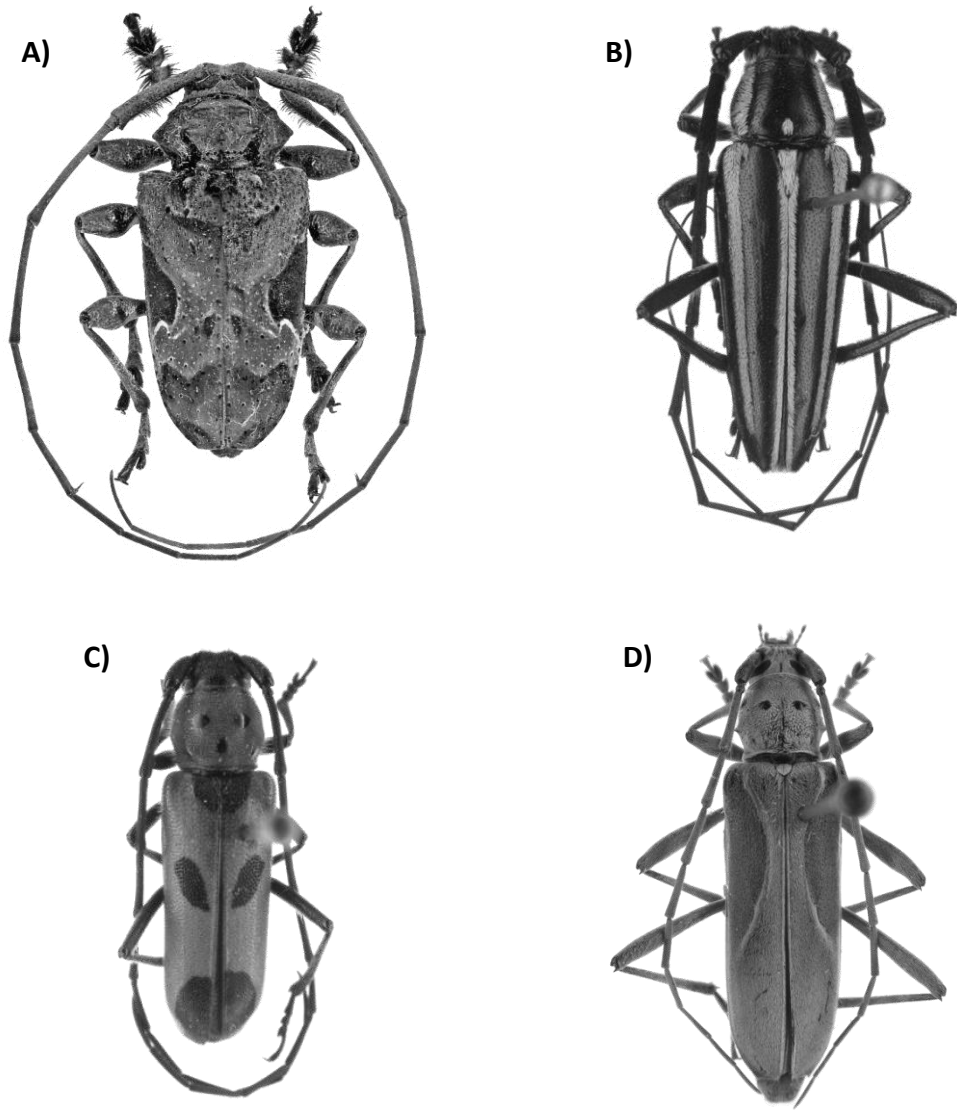
## **GRUPO EN ESTUDIO**

Cerambycidae es una de las familias más ricas de coleópteros saproxilófagos, con aproximadamente 35,000 especies descritas a nivel mundial (Grimaldi y Engel, 2005), su mayor diversidad se ha documentado en los trópicos. En América se tienen registradas 9,000 especies (Bezark y Monné, 2013) y para México se tiene registro de siete subfamilias, 72 tribus, 452 géneros y 1,666 especies (Toledo y Corona, 2006; Gutiérrez y Noguera, 2015). El papel ecológico de Cerambycidae como polinizadores de plantas leñosas (Hequet, 1996) y de muchas herbáceas (observación personal) es notable. No obstante lo anterior, su mayor relevancia ecológica es como degradadores de materia vegetal. Su papel en la degradación varía de acuerdo con la especie de planta y la región, aunque en general, son considerados fundamentales en el inicio del proceso de descomposición (Noguera y Chemsak, 1996; Hovore, 2006).

Los adultos de las especies de esta familia presentan diferentes hábitos, tanto de actividad como de alimentación, encontrando especies diurnas, crepusculares y nocturnas, especies que se alimentan de savia, hojas, flores, frutos, corteza y hongos. Todas las especies de esta familia son consideradas saproxilófagas, ya que sus larvas se alimentan de árboles muertos o en descomposición y existen especies que se alimentan de tejido vegetal vivo (Monné y Bezark, 2009).

Los adultos de la familia Cerambycidae (Figura 1) presentan una morfología muy variable, su tamaño va de los 2.5 mm hasta los 17 cm, son de forma cilíndrica alargada con coloraciones que van del pardo hasta colores metálicos y brillantes, además de presentar numerosas adaptaciones morfológicas tienen patrones de mimetismo, espinas en el pronoto, élitros y apéndices, diferencias en longitud y forma de las antenas, agrandamiento de las mandíbulas y alargamiento de las patas anteriores (Linsley, 1959; Noguera y Chemsak, 1996; Monné y Bezark, 2009).





**Figura 1.** Vista dorsal de: A) *Lagocheirus araeiformis ypsilon* (Voet, 1778), B) *Sphaenothecus trilineatus* Dupont, 1838, C) *Tylosis puncticollis* Bates, 1885 y D) *Eburia cruciata* (Linsley, 1935) Imágenes proporcionadas por Toledo-Hernández (2015).

## **Hipótesis**

La distribución de los cerambícidos está estrechamente relacionada con la distribución de sus plantas hospederas, por ello se espera que exista un alto recambio de especies entre los sitios de muestreo, ya que éstos presentan diferencias en la composición de especies de plantas leñosas.

## **Objetivos**

### **General**

- Determinar si la heterogeneidad de hábitat del bosque tropical caducifolio tiene un efecto en la estructura y composición de las comunidades de Cerambycidae en tres sitios de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos.

### **Particulares**

- Conocer la estructura y composición de la comunidad Cerambycidae en el BTC del área de estudio.
- Analizar el patrón estacional de la familia Cerambycidae en el BTC del área de estudio.
- Analizar si la heterogeneidad de hábitat del BTC de cada sitio de recolecta tiene un efecto en la composición y estructura de las comunidades de Cerambycidae.

## Capítulo 1

Martínez-Hernández et al., 2019- Cerambycidae del norte de Morelos

### **Estructura de la comunidad de Cerambycidae (Coleoptera) en un bosque tropical caducifolio al norte de Morelos, México.**

### **Structure of the community of Cerambycidae (Coleoptera) in a tropical deciduous forest northern of Morelos, Mexico.**

José Guadalupe Martínez-Hernández <sup>1</sup>, Angélica María Corona-López <sup>1</sup> Alejandro Flores-Palacios <sup>1</sup> y Víctor Hugo Toledo-Hernández <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>*Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIβγC), Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Morelos, México.*

Autor de correspondencia: [victor.toledo@uaem.mx](mailto:victor.toledo@uaem.mx)

## Resumen

Conocer la estructura de la comunidad es una de las metas más importantes en los estudios de diversidad, ya que permite identificar a las especies dominantes, raras y mide la diversidad. Se estudió la estructura de la comunidad de la familia Cerambycidae del bosque tropical caducifolio (BTC) de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, norte de Morelos. Después de un año de recolectas sistemáticas, más datos adicionales de cámaras de cría, se registraron 150 especies, 87 géneros, 37 tribus y 4 subfamilias. Veintisiete especies son nuevos registros para el estado de Morelos. La cobertura de la muestra fue del 97% y de acuerdo con el estimador de riqueza Chao 1, se representó el 80% de las especies del área de estudio. La diversidad de cerambícidos de esta localidad es en promedio 14% (<sup>0</sup>D), 43% (<sup>1</sup>D) y 58% (<sup>2</sup>D) menor a la registrada en otras localidades de BTC del sur del Morelos. En concordancia con estudios previos, la mayor riqueza, abundancia y diversidad ocurre durante la época de lluvias y el ordenamiento de las similitudes faunísticas entre meses

indica una marcada estacionalidad en la composición. La estructura de la comunidad refleja una alta diversidad, integrada por una alta proporción (78%) de especies raras. Los datos muestran que la diversidad de insectos del BTC es elevada, desconocida (e.g. nuevos registros) y refuerza la necesidad de continuar documentándola, ya que el BTC está entre los ecosistemas menos protegidos y con mayor riesgo de desaparecer por la presión por deforestación y el cambio climático.

Palabras clave: Diversidad alfa, Saproxilófagos, Estacionalidad.

### **Abstrac**

Knowing the structure of the community is one of the most important goals in diversity studies, since it allows to identify the dominant, rare species and measures the diversity. The structure of the community of the Cerambycidae family of the tropical deciduous forest (TDF) of San Andrés de la Cal, Tepoztlán, northern Morelos was studied. After one year of systematic collection, plus additional data from breeding chambers, 150 species, 87 genera, 37 tribes and 4 subfamilies were recorded. Twenty-seven species are new records for the state of Morelos. The coverage of the sample was 97% and according to the Chao 1 wealth estimator, 80% of the species in the study area was represented. The diversity of cerambycids of this locality is on average 14% ( $^0D$ ), 43% ( $^1D$ ) y 58% ( $^2D$ ) less than the registered in other localities of TDF of the south of Morelos. In agreement with previous studies, the greatest wealth, abundance and diversity occurs during the rainy season and the ordering of the faunal similarities between months indicates a marked seasonality in the composition. The structure of the community reflects a high diversity, composed of a high proportion (78%) of rare species. The data show that the diversity of TDF insects is high, unknown (new records) and reinforces the need to continue documenting it, since the BTC is among the least protected ecosystems and with the greatest risk of disappearing due to deforestation pressure and climate change.

Key words: Alpha diversity, Saproxylophagous, Seasonality.

## Introducción

La familia Cerambycidae se considera de gran importancia ecológica en los ecosistemas forestales, sus larvas son saproxilófagos y tienen una función importante en el proceso de descomposición de la materia vegetal, contribuyendo a la liberación de nutrientes al suelo (Hovore, 2006; Noguera y Chemsak, 1996) y facilitando la existencia de otros organismos que se desarrollan en madera en descomposición (e.g. orquídeas; McCullough, 1948). Los adultos de esta familia se alimentan de una amplia gama de recursos como savia, hojas, flores, frutos, corteza y hongos (Monné y Bezark, 2009). Por el hábito saproxilófago de las larvas, las especies de esta familia han desarrollado una estrecha relación con sus plantas huésped, por lo que la pérdida de las mismas podría ocasionar la desaparición de las especies de cerambícidos que en ellas se desarrollan (Hovore, 2006). Además, la fenología de las plantas huésped provoca patrones estacionales de actividad relacionados con las necesidades de alimentación y reproducción de los adultos de este grupo de coleópteros (Keszthelyi, 2015; Monné y Bezark, 2009).

Los patrones de actividad estacional en los insectos han sido estudiados en diversos ecosistemas, particularmente en aquellos con una marcada época de lluvias y sequía (Wolda, 1988). Los insectos responden a la estacionalidad y el patrón que pudieran mostrar es particular del grupo taxonómico, respondiendo a diferentes factores como la precipitación, temperatura, fotoperiodo, la competencia o la depredación (Kishimoto-Yamada e Itioka, 2015). En ambientes estacionales como el bosque tropical caducifolio (BTC), la estacionalidad de los insectos se ha relacionado con la precipitación, ya que durante la temporada de lluvias las plantas de este ecosistema crecen y renuevan su follaje (Pescador-Rubio *et al.*, 2002; Wolda, 1978), lo que representa una mayor oferta de recursos para los niveles tróficos superiores; en el caso de los saproxilófagos, durante las lluvias la madera de las especies que integran el BTC adquiere las condiciones adecuadas para que las especies de este grupo inicien su desarrollo (Berkov, 2018).

El estudio de la estructura de las comunidades de insectos y su comportamiento estacional, particularmente en el BTC, es de primordial importancia. El BTC es uno de los bosques menos protegido y más amenazado, tanto por la deforestación, como por el cambio climático; además, el BTC Mexicano es uno de los más vulnerables y está entre los más

diversos en la región neotropical (Miles et al., 2006; Banda-R et al., 2016). En el BTC Mexicano se han realizado estudios para diversos órdenes de insectos que presentan información sobre su estructura y los cambios estacionales en su composición (De la Maza, 2010; Zaragoza-Caballero *et al.*, 2010). En el BTC del sur del estado de Morelos existen trabajos que muestran consistentemente que la riqueza, abundancia y diversidad de las comunidades de insectos cambian entre estaciones (Ávalos, 2007; Corona-López *et al.*, 2011; Rodríguez y Woolley, 2005; Toledo-Hernández et al., 2015). En estos trabajos la similitud de especies entre estaciones oscila entre 42% y 73% (índice Jaccard) y entre el 45% y 56% de especies sólo están activas durante un mes (Martínez-Hernández, 2013; Noguera *et al.*, 2002; Toledo-Hernández *et al.*, 2015; Zaragoza-Caballero *et al.*, 2003). Así que cambios climáticos que reduzcan la estacionalidad o prolonguen la temporada de sequía afectarán la diversidad de insectos. En este trabajo se presentan los resultados del estudio de la estructura de la comunidad (riqueza, abundancia, diversidad) de la familia Cerambycidae en una localidad de la región norte del estado de Morelos y su comportamiento estacional.

### **Materiales y métodos**

El trabajo se desarrolló en el BTC del ejido de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos (99°06'50.2" N, 18°57'22.2" W; Fig. 1). Este BTC se ubica dentro del área natural protegida Parque Nacional "El Tepozteco", el cual forma parte del Corredor Biológico Chichinautzin (CONANP, 2008; INEGI, 2015). Presenta una topografía accidentada, un gradiente altitudinal de 1300 - 1770 m s.n.m.; el clima es semicálido, con una temperatura media anual de 20°C, lluvias en verano e invierno (mayo–octubre) y una precipitación media anual de 1200 mm. Este BTC está integrado por al menos 85 especies de plantas leñosas, las especies dominantes son *Sapium macrocarpum* Müll. Arg., *Bursera fagaroides* (Kunth) Engl., *B. glabrifolia* (Kunt) Engl., *Conzattia multiflora* (B. L. Rob.) Standl., *Ipomoea pauciflora* M. Martens y Galeotti y *Quercus obtusata* Bonpl. (Vergara-Torres *et al.* 2010, Cortés-Anzúres *et al.*, 2017; Vargas-Cardoso et al., 2018).

#### *Métodos de colecta*

Las recolectas se desarrollaron cada mes durante seis días, de febrero 2015 a enero 2016, coincidiendo con los periodos de luna nueva. Se realizaron recolectas diurnas y

nocturnas, durante las recolectas diurnas (10:00 - 15:00 h) se llevaron a cabo recorridos *ad libitum* buscando individuos de forma directa en flores, ramas y troncos caídos, además de golpear activamente la vegetación con una red entomológica.

En las recolectas nocturnas ( $\pm 4$  horas por noche, el periodo varió con respecto a la puesta del sol), se utilizó una trampa de luz tipo pantalla, con dos lámparas de vapor de mercurio de 175 watts. Con el fin de aumentar la representatividad del muestreo, la trampa de luz se colocó en un lugar diferente cada noche, pero entre meses se usaron siempre los mismos lugares. Se complementaron los métodos de recolecta utilizando trampas de intercepción (tipo ventana, de paneles cruzados y Malaise) y trampas de atracción (de colores). En cada sitio de muestreo se colocaron cuatro grupos de trampas separados entre sí por 100 m, cada grupo estuvo conformado por una trampa de cada tipo separadas entre ellas por 25 metros. Las trampas permanecieron activas durante los 6 días que duraba la recolecta y durante el ciclo anual. Para complementar el listado de especies de este trabajo, se reportan los cerambícidos emergidos de la madera de 81 especies de plantas puestas en cámaras de cría de San Andrés de la Cal (Vargas-Cardoso et al., 2018).

El material recolectado se depositó en la Colección de Insectos de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (CIUM), resguardada en el Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CI $\beta$ γC), Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM).

#### *Análisis de datos*

Se evaluó la eficiencia del muestreo por medio de la cobertura de muestreo de los datos ( $\hat{C}_m$ ), la cobertura de la muestra mide que tan completo es un inventario en términos de las abundancias observadas y permite interpolar y extrapolar la riqueza esperada con base en el estimador Chao 1 (Chao y Jost, 2012).

Los valores de diversidad para todo el muestro, para cada muestra (meses) y cada estación se calcularon utilizando las medidas de diversidad verdadera (Jost, 2006). Estas medidas reconocen la partición de la diversidad de forma multiplicativa, lo que permite obtener valores de beta independientes de los valores de alfa, además integran en una misma serie numérica diferentes niveles de diversidad y permiten una interpretación

fácil e intuitiva, ya que se expresan en las mismas unidades, alfa en número de especies efectivas y beta como el número de comunidades efectivas ( ${}^qD$ , Jost, 2006, 2007). Estas diversidades se calcularon para el nivel alfa y beta para tres órdenes diferentes de  $q$  (0, 1, 2). El orden  $q$  indica la sensibilidad de la medida de diversidad a la abundancia de las especies (especies comunes y raras), cuando  $q$  es igual a cero, la métrica de diversidad ( ${}^0D$ ) ignora la abundancia de las especies y es igual a la riqueza de especies. Cuando  $q$  es igual a 1, el peso de las especies es proporcional a su abundancia, y la diversidad ( ${}^1D$ ) es igual al exponencial del índice de Shannon. Cuando  $q$  es igual a 2, el peso de las especies se incrementa cuadráticamente con su abundancia, y la diversidad ( ${}^2D$ ) es equivalente al inverso del índice de dominancia de Simpson (Jost, 2006). Se calculó el logaritmo de la equitatividad relativa (RLE<sub>0,1</sub>), el cual es equivalente al índice de equitatividad de Pielou (Jost, 2010). La diversidad y las coberturas de muestreo se calcularon utilizando el programa estadístico R (versión 3.3.2) con el paquete Entropart (Marcon y Hérault, 2015).

Para entender si la estacionalidad genera cambios composicionales en la comunidad de cerambícidos, se realizó un análisis de escalamiento multidimensional (NMDS; Dunn y Everitt, 2004). Para este análisis se construyó una matriz con los valores pareados del índice de similitud de Jaccard entre meses de muestreo, este índice de similitud está directamente relacionado con los valores de diversidad del orden 0 de  $q$ . Este se calculó utilizando la ecuación para la similitud composicional entre comunidades (Jost, 2006, 2007). Para interpretar la ordenación de las unidades de muestreo se buscaron patrones de agrupamiento y los valores de los ejes del ordenamiento de cada mes (dimensiones) se correlacionaron con las variables precipitación y temperatura media mensual, que se recopilaron de la estación climatológica más cercana (Tepoztlán) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, datos no publicados).

Para los análisis antes mencionados sólo se utilizaron las especies recolectadas en el muestreo sistemático y las capturadas mediante trampas.

## **Resultados**

Del muestreo sistemático anual, se registraron 1581 individuos de cerambícidos representando 4 subfamilias, 34 tribus, 81 géneros y 134 especies (Apéndice). Registros



adicionales obtenidos del desarrollo de adultos en cámaras de cría aportan 3 tribus, 6 géneros y 16 especies (Vargas-Cardoso et al., 2018), para un total de 150 especies, 87 géneros, 37 tribus registrados para San Andrés de la Cal. Del total de especies, sólo 103 fueron determinadas a nivel específico, de estas, 27 se registran por primera vez para Morelos y una de ellas representó ser nueva especie (Toledo-Hernández et al., 2016).

Del total de especies ocho fueron recolectadas sólo por los métodos pasivos. Cuarenta y cuatro (32.8%) especies se recolectaron por más de uno de los métodos de recolecta; mientras que las 90 restantes (67.2%) sólo se recolectaron por un método en particular, 54 se capturaron mediante recolecta directa (40.3%), 29 por trampa de luz (21.7%), 3 con trampa Malaise (2.2%), 2 con trampa de paneles cruzados (1.5%) y 2 con trampa de ventana (1.5%). No se recolectaron especies únicas en la trampa de colores. Considerando lo anterior, la eficiencia del muestreo sigue el orden descendiente: recolecta directa, trampa de luz y trampa Malaise.

La subfamilia con mayor número de especies fue Lamiinae (71), seguida de Cerambycinae (61), las dos subfamilias restantes sólo presentaron una especie cada una. En cuanto a la abundancia por subfamilia, Cerambycinae presentó el mayor número de individuos (54%) seguida de Lamiinae (45%, Tabla 1). Las tribus más ricas fueron Trachyderini con 13 géneros y 17 especies, seguida de Acanthocinini con 8 géneros y 25 especies y Elaphidiini con 8 géneros y 16 especies, estas tribus representan el 23.5% de los géneros y el 43% de las especies. Los géneros con el mayor número de especies fueron *Phaea* Newman con ocho y *Anelaphus* Linsley con seis, el resto de los géneros presentaron cuatro o menos especies.

La comunidad de Cerambycidae presenta un alto grado de dominancia en los diferentes niveles taxonómicos. Las subfamilias Cerambycinae y Lamiinae contienen el 99% de los individuos, cuatro tribus comprenden el 59%, cuatro géneros el 48%. Las especies *Tylosis puncticollis* Bates, *Sphaenothecus trilineatus* Dupont y *Mecas oberoides* Bates constituyeron el 38% de los individuos recolectados, presentando cada una >100 individuos (muy abundantes). De las especies restantes, 26 presentaron una abundancia de entre 11 - 100 individuos (abundantes) y 105 especies presentaron una abundancia  $\leq 10$  individuos (raras).

El valor de cobertura para todo el muestreo fue de 97%, lo que sugiere que las 34 especies no recolectadas, de acuerdo con el estimador Chao 1, sólo representan el 3% de los individuos de la comunidad. Los valores de diversidades de todo el muestreo para  ${}^qD$  fueron 134, 35.3 y 14.1 especies equivalentes. Las diversidades en cada uno de los meses fueron heterogéneas, con el valor más alto en junio y el más bajo en enero, mientras que junio fue el mes con el mayor valor de equitatividad (tabla 2).

La actividad de las especies de Cerambycidae estuvo marcada por la estacionalidad, durante la época húmeda del año se registraron los picos más elevados de riqueza (junio) y abundancia (septiembre, Fig. 2). Asimismo, el 66% de las especies estuvieron activas sólo durante la época húmeda (89 especies), el 20% se registró en ambas temporadas (26 especies) y sólo el 14% se presentó en la época seca (19 especies). La actividad como adultos del 84% de las especies se limitó a un periodo de entre uno y tres meses.

La diversidad beta de la comparación de las estaciones húmeda y seca para los diferentes valores de  ${}^qD_\beta$  fueron 1.68, 1.38 y 1.44 comunidades equivalentes. El ordenamiento resultante del análisis de NMDS, basado en la matriz de la similitud faunística entre meses con el índice Jaccard (estrés = 0.074), genera una clara separación entre los meses de muestreo de cada una de las épocas (figura 3) y en concordancia, la precipitación se correlaciona positivamente con la dimensión 1 ( $r= 0.8$ ,  $P< 0.05$ ).

## **Discusión**

El BTC es uno de los ecosistemas más amenazados a nivel mundial (Miles et al., 2006; Banda-R et al., 2016) y mientras en algunos grupos (e.g. plantas leñosas) el conocimiento que se tiene es relativamente bueno y permite realizar meta-análisis (e.g. Banda-R et al., 2016), en los insectos hay pocos estudios que incluyan muestreos anuales y midan la estructura de la comunidad y sus cambios estacionales. Sin embargo, estos estudios revelan que la diversidad de insectos del BTC es alta y que se está lejos de completar el inventario de este grupo de organismos en este ecosistema. Por ejemplo, a pesar de ser un área natural protegida, establecida hace más de 81 años (CONANP, 2008), este trabajo es el primero sobre la comunidad de Cerambycidae del BTC del Parque Nacional el Tepozteco y de las especies determinadas a nivel específico, el 24 % son

nuevos registros para el estado de Morelos. Lo anterior indica que sigue siendo necesario complementar la información sobre la distribución de este grupo de coleópteros en el BTC del territorio nacional.

Aunque la cobertura de muestra fue alta (97%), la estimación de especies sugiere que es necesario aumentar el esfuerzo de muestreo para lograr una mejor representación del grupo en estudio, ya que ésta sólo fue del 80%, esto es consistente con los trabajos de Noguera et al., (2002, 2007, 2009, 2012) y Toledo-Hernández et al., (2002) que de acuerdo con sus resultados lograron recolectar entre el 50–73% de la riqueza de especies en sus áreas de estudio, y en comparación con este trabajo, utilizaron menos métodos de recolecta. En este trabajo las especies recolectadas sólo con los métodos pasivos, contribuyen con el 5.6% a la riqueza reportada del muestreo sistemático además de que, la recolecta de ramas en el área de estudio que se colocaron en cámaras de cría aportaron 16 especies (Vargas-Cardoso et al., 2018), aumentando la riqueza de especies de San Andrés de la Cal en un 4.6% y dos de los 27 nuevos registros para Morelos, lo anterior es evidencia de que el uso combinado de diferentes técnicas de recolecta aumenta la calidad de la representación de la comunidad estudiada, esto ya había sido propuesto por Hovore (2006) y Noguera (2002) entre otros para Cerambycidae.

El patrón de riqueza y abundancia que presentaron las subfamilias y tribus en este trabajo es semejante al registrado en el BTC de El Aguacero, Chiapas (Toledo-Hernández *et al.*, 2002), Huautla, Morelos; San Buenaventura, Jalisco; Sierra de San Javier, Sonora y Santiago Dominguillo, Oaxaca (Noguera *et al.*, 2002, 2007, 2009, 2012). De igual forma la estructura de la comunidad reflejada por la proporción de especies muy abundantes, abundantes y raras registradas para San Andrés de la Cal presenta un patrón similar al encontrado en otras localidades con BTC para otras familias de coleópteros (Corona-López et al., 2017; Pérez-Hernández y Zaragoza-Caballero, 2016; Toledo-Hernández et al., 2015), en los cuales se encontró que  $\geq 50\%$  de las especies tienen una baja abundancia. Este patrón es consistente entre las comunidades de insectos tropicales (Lucky et al., 2002; Speight et al., 1999) y se ha hipotetizado que es una propiedad de éstas, más que un efecto de submuestreo (Coddington *et al.*, 2009). En el caso en particular del BTC la alta heterogeneidad en la oferta de recursos vegetales entre sitios (Banda-R et al., 2016) puede influir en la probabilidad de encontrar especies de insectos que estén restringidas a

microhábitats particulares o que están asociadas a recursos poco representados en el ecosistema (Noguera et al., 2012).

Los valores de diversidad ( ${}^qD_\alpha$ ) muestran que la estructura de la comunidad de cerambícidos del BTC de San Andrés de la Cal es menos diversa a la documentada en otras localidades de BTC de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH; Martínez-Hernández, 2013; Noguera et al., 2002). Por ejemplo, para  ${}^0D$ , el BTC de San Andrés de la Cal es entre 4.2% y 34.3% menor, para  ${}^1D$  es 22.4% y 58.7% menor y para  ${}^2D$  es entre 36.1% y 69.9% menor, lo que nos indica que la mayor diferencia entre las localidades de la REBIOSH y San Andrés de la Cal, está en la abundancia relativa de las especies y por lo tanto en la dominancia de las mismas, más que en la identidad de las especies que presentan. Estas diferencias señalan que la diversidad de cerambícidos es mayor en el sur del estado de Morelos, lo que podría deberse principalmente a dos factores, que el BTC de San Andrés de la Cal se desarrolla en un clima más templado (3.4 °C menor que en la REBIOSH), ya que se encuentra en el límite más norteño del BTC del estado y a la diversidad de plantas leñosas, la cual se sabe tienen un efecto en la riqueza y abundancia de las comunidades de cerambícidos (Meng et al., 2013), en particular se correlacionan de forma positiva la riqueza de plantas con la riqueza con la riqueza de cerambícidos ( ${}^0D_\alpha$ ) y de forma negativa el recambio de especies de plantas leñosas ( ${}^0D_\beta$ ) con el recambio de especies dominantes de cerambícidos ( ${}^2D_\beta$ , (Martínez-Hernández, 2013).

El patrón estacional de este grupo de insectos en el área de estudio es muy marcado. Entre las dos comunidades estacionales diferenciadas, el número de especies activas durante la época húmeda (mayo-octubre) es cuatro veces mayor al de la época seca (noviembre-abril). Los mayores valores de diversidad beta ( ${}^qD_\beta$ ) se obtuvieron para  ${}^0D_\beta$ , lo que señala que la diferenciación entre las estaciones es ocasionada por el recambio de especies entre estaciones, en lugar de cambios en las dominancias en especies comunes entre las estaciones.

El análisis de escalamiento multidimensional, con base en el índice de Jaccard, reafirma al patrón estacional en la diversidad y sugiere que es la precipitación mensual, el gradiente ambiental sobre el que se diferencia la comunidad de cerambícidos. Este patrón estacional mediado por la precipitación se ha observado para varios grupos de insectos en regiones tropicales (Kishimoto-Yamada e Itioka, 2015), y para diversas familias de

coleópteros en el BTC (Ávalos, 2007; Corona-López et al., 2017; Rodríguez y Woolley, 2005; Toledo et al., 2015) incluida la familia Cerambycidae (Noguera et al., 2002; 2007; 2009; 2012; Toledo-Hernández et al., 2002). La estacionalidad de los cerambícidos en el BTC, ha tratado de ser explicada por la disponibilidad estacional de recursos (materia orgánica muerta, flores o vegetación frondosa etc.) que puede estar sincronizada con el comportamiento de diferentes especies (Noguera et al., 2018), sin embargo, la sincronización de las especies de cerambícidos con la de los recursos del BTC, encuentra explicación en el hecho de que la precipitación es el factor limitante de los procesos de productividad primaria y de descomposición en este ecosistema (Jaramillo et al., 2011; Maass et al., 2002).

EL BTC es un ecosistema seriamente amenazado y poco protegido a nivel mundial (Miles et al., 2006; Banda-R et al., 2016), los resultados de este trabajo señalan que su diversidad de insectos es alta y no está bien documentada; además, la diversidad de cerambícidos tiene un comportamiento estacional que podría verse afectado por los cambios ocasionados por el cambio climático y la deforestación. Para el BTC se predice que el cambio climático podría incrementar la temperatura y disminuir la precipitación (Magrin et al. 2014), además la extracción de madera y productos forestales no maderables en el BTC dan como resultado una transformación de la cubierta vegetal ocasionando una disminución en la capacidad de este ecosistema de mantener sus funciones y productividad primaria (Rendón-Carmona et al., 2009), los datos de este trabajo y la literatura muestran que es durante la mayor precipitación que ocurre la mayor emergencia de adultos. La mayor parte de estos adultos están activos menos de tres meses para aparearse y oviponer en sincronización con la fenología de sus plantas huésped, así que una disminución en la precipitación o un cambio en la cubierta o diversidad vegetal podrían disminuir la diversidad de este grupo de insectos.

### **Agradecimientos**

Al equipo de trabajo de la Colección de Insectos de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (CIUM) que ayudaron durante el trabajo de campo. Los comentarios y críticas de M. Rös que mejoraron el manuscrito. A Orthon R. Vargas-Cardoso por el material emergido de ramas y a Larry Bezark y Antonio Santos Silva por corroborar las

determinaciones de cerambícidos. Esta investigación fue apoyada por una beca CONACYT para estudios de doctorado (428936) y constituye parte de la disertación doctoral de JGMH en el posgrado en Ciencias Naturales-UAEM.

### **Literatura citada**

Ávalos, H. O. (2007). Bombyliidae (Insecta: Diptera) de Quilamula en el área de Reserva Sierra de Huautla, Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 239, 139-169.

Banda-R., K., , Delgado-Salinas, A., Dexter, K. G., Linares-Palomino, R. Oliveira-Filho, A., Prado, M. Pullan, D., Quintana, C., Riina, R., Rodríguez M., G. M., Weintritt, J., Acevedo-Rodríguez, P., Adarve, J., Álvarez, E., Aranguren B., A., Arteaga, J. C., Aymard, G., Castaño, A., Ceballos-Mago, N., Cogollo, Á., Cuadros, H., Delgado, F., Devia, W., Dueñas, H., Fajardo, L., Fernández, Á., Fernández, M. A., Franklin, J., Freid, E. H., Galetti, L. A., Gonto, R., González-M., R., Graveson, R. Helmer, E. H., Idárraga, A., López, R., Marcano-Vega, H., Martínez, O. G., Maturo, H. M., McDonald, M., McLaren, K., Melo, O., Mijares, F., Mogni, V., Molina, D., Moreno, N. P., Nassar, J. M., Neves, D. M., Oakley, L. J., Oatham, M., Olvera-Luna, A. R., Pezzini, F. F., Dominguez, O. J. R., Ríos, M. E., Rivera, O., Rodríguez, N., Rojas, A., Särkinen, T., Sánchez, R., Smith, M., Vargas, C., Villanueva, B. y Pennington, R. T. (2016). Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications. *Science*, 353, 1383-1387.

Berkov, A. (2018). Seasonality and stratification: neotropical saproxylic beetles respond to a heat and moisture continuum with conservatism and plasticity. En Ulyshen, M. D. (Ed.). *Saproxylic Insects*. (pp. 547-578). Springer, Cham.

Chao, A. y Jost, L. (2012). Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93, 2533-2547.

Coddington, J. A., Agnarsson, I., Miller, J. A., Kunter, M. y Hormiga, G. (2009). Undersampling bias: the null hypothesis for singleton species in tropical arthropod surveys. *Journal of Animal Ecology*, 78, 573-584.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2008). Anteproyecto Programa de Manejo: Parque Nacional el Tepozteco. Recuperado el 20 septiembre, 2017 de: <http://www.conanp.gob.mx/anp/consulta/Anteproyecto16may08.pdf>.

Corona-López, A. M., Toledo-Hernández, V. H., Ruiz, E., Coronado, J. M. y Myartseva, S. N. (2011). Los artrópodos de La Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Morelos México. En: Sígala, J. y Rodríguez J. (Eds.). *Memorias del XX Congreso Nacional de Zoología*, (pp. 74-81). Cuernavaca, Morelos.

Corona-López, A. M., Reza-Pérez, E. V., Toledo-Hernández, V. H., Flores-Palacios, A., Hespeneide, H. A., Westcott, R. L., MacRae, T. C. y Bellamy, C. L. (2017). Diversity of Buprestidae (Insecta: Coleoptera) from El Limón de Cuauchichinola, Tepalcingo, Morelos, México. *The Pan-Pacific Entomologist*, 93, 71-83.

Cortés-Anzures, B. O., Corona-López, A. M., Toledo-Hernández, V. H., Valencia Díaz, S. y Flores-Palacios, A. (2017). Branch mortality influences phorophyte quality for vascular epiphytes. *Botany*, 95, 709-716.

De la Maza, R. (2010). Lepidópteros diurnos, En: Ceballos, G., Martínez, L., Espinoza, E., Bezaury-Creel J. y Dirzo R. (Eds.). *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México* (pp. 179-194). FCE-CONABIO-TELMEX-CONANP-WWF México-EcoCiencia SC.

Dunn, G. y Everitt, B. S. (2004). *An introduction to Mathematical Taxonomy*. Cambridge Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Hovore, F. T. (2006). The Cerambycidae (Coleoptera) of Guatemala. En Cano E. (Ed.), *Biodiversidad de Guatemala* (pp. 363-378). Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (2015). Mapa digital. Recuperado el 20 septiembre, 2017 de: <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6>

Jaramillo, V. J., Martínez-Yrizar, A. y Sanford-Jr, R. L. (2011). Primary productivity and biogeochemistry of seasonally dry tropical forests. En Dirzo, R., Young, H. S., Mooney, H. A. y Ceballos, G. (Eds.) *Seasonally dry tropical forests: Ecology and Conservation* (pp. 109-128). Island Press/Center for Resource Economics.

Jost, L. (2006). Entropy and Diversity. *Oikos*, 113, 363-375.

Jost, L. (2007). Partition diversity into independent alpha and beta components. *Ecology*, 88, 2427-2439.

- Jost, L. (2010). The relation between evenness and diversity. *Diversity*, 2, 207-232.
- Keszthelyi, S. (2015). Diversity and seasonal patterns of longhorn beetles (Coleoptera: Cerambycidae) in the Zselic region, Hungary. *North Western Journal of Zoology*, 11, 62-69.
- Kishimoto-Yamada, K. e Itioka, T. (2015). How much have we learned about seasonality in tropical insect abundance since Wolda (1988)? *Entomological Science*, 18, 407-419.
- Lucky, A., Erwin, T. L. y Witman, J. (2002). Temporal and distribution of arboreal Carabidae (Coleoptera) in western Amazonia rain forest. *Biotropica*, 34, 376-386.
- Maass, M., Jaramillo, V., Martínez-Yrizar, A., García-Oliva, F., Pérez-Jiménez, A. y Sarukhán, J. (2002). Aspectos funcionales del ecosistema de selva baja caducifolia en Chamela, Jalisco. En Noguera, F. A., Vega, J. H., García, A. N. y Quesada, M. (Eds.). *Historia natural de Chamela*. (pp. 525-542). Instituto de Biología, UNAM, D.F. México.
- Magrin, G. O., Marengo, J. A., Boulanger, J. P., Buckeridge, M. S., Castellanos, E., Poveda, G. y Vicuña, S. (2014). Central and South America. En Barros, V. R., Field, C. B., Dokken, D. J., Mastrandrea, M. D., Mach, K. J., Bilir, T. E., Chatterjee, M., Ebi, K. L., Estrada, Y. O., R. C. Genova, R. C. y Girma B. (Eds.). *Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: Regional aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 1 499-1566). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Marcon, E. y Héroult, B. (2015). Entropart: an R package to measure and partition diversity. *Journal of Statistical Software*, 67.
- Martínez-Hernández, J. G. (2013). Diversidad de la familia Cerambycidae (Coleoptera) en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Morelos. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación. UAEM. México.
- McCullough, H. A. (1948). Plant succession on fallen logs in a virgin spruce-fir forest. *Ecology* 29, 508-513.
- Miles L., Newton, A. C., Defries, R. S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., Kapos, V. y Gordon, J. E. (2006). A global overview of the conservation status of tropical dry forest. *Journal of Biogeography* 33, 491-505.



Monné, M. A. y Bezark, L. G. (2009). Checklist of the Cerambycidae or longhorned beetles (Coleoptera) of the Western Hemisphere 2009 Version (actualizado hasta el 31 Diciembre 2010) En: <http://plant.cdfa.ca.gov/byciddb/documents.html>

Noguera, F. A. y Chemsak, J. A. (1996). Cerambycidae (Coleoptera). En Llorente, J., A. García y E. González (Eds.), *Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. (pp. 381-409).UNAM. Vol. (1). México.

Noguera, F. A., Chemsak, J. A., Zaragoza-Caballero, S., Rodríguez- Palafox, A., Ramírez-García, E., González-Soriano E. y Ayala R. (2002). Diversity of the Family Cerambycidae (Coleoptera) of the tropical dry forest of Mexico, I. Sierra de Huautla, Morelos. *Annals of the Entomological Society of America*, 95, 817-627.

Noguera, F. A., Chemsak, J. A., Zaragoza-Caballero, S., Rodríguez- Palafox, A., Ramírez-García, E., González-Soriano, E. y Ayala, R. (2007). A faunal of Cerambycidae (Coleoptera) from one region with tropical dry forest in Mexico: San Buenaventura. *The Pan-Pacific Entomology*, 83, 296-314.

Noguera, F. A., Ortega-Huerta, M. A., Zaragoza-Caballero, S., González-Soriano, E. y Ramírez-García, E. (2009). A faunal of Cerambycidae (Coleoptera) from one region with tropical dry forest in Mexico: Sierra de San Javier, Sonora. *The Pan-Pacific Entomology*, 82, 70-90.

Noguera, F. A., Zaragoza-Caballero, S., Rodríguez-Palafox, A., González-Soriano, E., Ramírez-García, E., Ayala, R. y Ortega-Huerta, M. A. (2012). Cerambícidos (Coleoptera: Cerambycidae) del bosque tropical caducifolio en Santiago Domingullo Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83, 611-622.

Noguera, F. A., Ortega-Huerta, M. A., Zaragoza-Caballero, S., González-Soriano, E. y Ramírez-García, E. (2018). Species richness and abundance of Cerambycidae (Coleoptera) in Huatulco, Oaxaca, Mexico; relationships with phenological changes in the tropical dry forest. *Neotropical entomology*, 47, 457-469.

Pescador-Rubio, A., Rodríguez-Palafox A. y Noguera, F. A. (2002). Diversidad y Estacionalidad de Arthropoda, En: Noguera F. A., Vega, J. H., García A. N. y Quesada M. (Eds.), *Historia Natural de Chamela*. Instituto de Biología, (pp. 183-201).UNAM, México.

- Pérez-Hernández, C. X. y Zaragoza-Caballero, S. (2016). Temporal variation in the diversity of Cantharidae (Coleoptera) in seven assemblages in tropical dry forest in Mexico. *Tropical Conservation Science*, 9, 439-464.
- Rendón-Carmona, H., Martínez-Yrizar, A., Balvanera, P. y Pérez-Salicrup, D. (2009). Selective cutting of woody species in Mexican tropical dry forest: Incompatibility between use and conservation. *Forest Ecology and Management*, 257, 567-579.
- Rodríguez, V. B. y Woolley, J. B. (2005). La fauna de la familia Encyrtidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) en el Bosque Tropical Caducifolio de la Sierra de Huautla, Morelos, México. *Folia Entomológica Mexicana*, 44, 147-155.
- Speight, M., Hunter, M. L. y Watt, A. D. (1999) Ecology insect's concepts and applications. Blackwell Science.
- Toledo, V. H., Noguera, F. A., Chemzak, J. A., Hovore, F. T. y Giesbert, E. F. (2002). The Cerambycidae fauna of the tropical dry forest of "El Aguacero" Chiapas, Mexico. *The Coleopterists Bulletin*, 56, 515-532.
- Toledo-Hernández, V. H., Rifkind, J., Corona-López, A. M., Flores-Palacios A. y Leavengood Jr. J. M. (2015). Faunistic composition of Cleridae (Coleoptera) in El Limón de Cuauchichinola, Morelos, Mexico. *Annals of the Entomological Society of America*, 108, 771-776.
- Toledo-Hernández, V. H., Martínez-Hernández, J. G., y Bezark, L. (2016). Two new species of the genus *Phaea* Newman, 1840 (Coleoptera: Cerambycidae) from Mexico. *Zootaxa*, 4208, 84-88.
- Vargas-Cardoso, O. R., Corona-López, A. M., López-Martínez, V., Figueroa-Brito, R. y Toledo-Hernández, V. H. (2018). New host records of Cerambycidae (Coleoptera) from central Mexico. *The Pan-Pacific Entomologist*, 94, 91-103.
- Vergara-Torres, C. A., Pacheco-Álvarez, M. C. y Flores-Palacios, A. (2010). Host preference and host limitation of vascular epiphytes in a tropical dry forest of central Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 26, 563-570.
- Wolda, H. (1978). Seasonal fluctuations in rainfall, food and abundance of tropical insects. *Journal of Animal Ecology*, 47, 369-381.

Wolda, H. (1988). Insect seasonality: why? *Annual Review of Ecology and Systematics*, 19, 1-18.

Zaragoza-Caballero, S. (2003). Cantharoidea (Coleoptera) de México. VI. Nuevos *Lygisterus* Dejean (Lycidae: Calochrominae). *Acta Zoológica Mexicana*, 89, 1-16.

Zaragoza-Caballero, S., Noguera, F. A., González-Soriano, E., Ramírez-García E. y Rodríguez-Palafox A. (2010). Insectos, En: Ceballos, G., Martínez, L., Espinoza, E., Bezaury-Creel J. y Dirzo R. (Eds.). *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*. (pp. 195- 214). FCE-CONABIO-TELMEX-CONANP-WWF México-EcoCiencia SC.

## Tablas

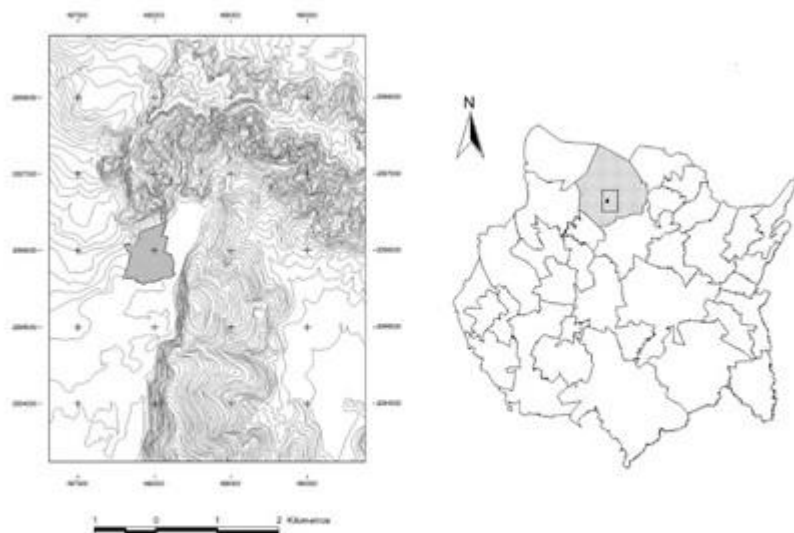
**Tabla 1.** Número de tribus, géneros, especies e individuos por subfamilia de Cerambycidae encontrados en el bosque tropical caducifolio de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos.

Subfamilia	Número de:			
	Tribus	Géneros	Especies	Individuos
<b>Prioninae</b>	1	1	1	13
<b>Lepturinae</b>	1	1	1	1
<b>Cerambycinae</b>	16	45	61	854
<b>Lamiinae</b>	15	35	71	713

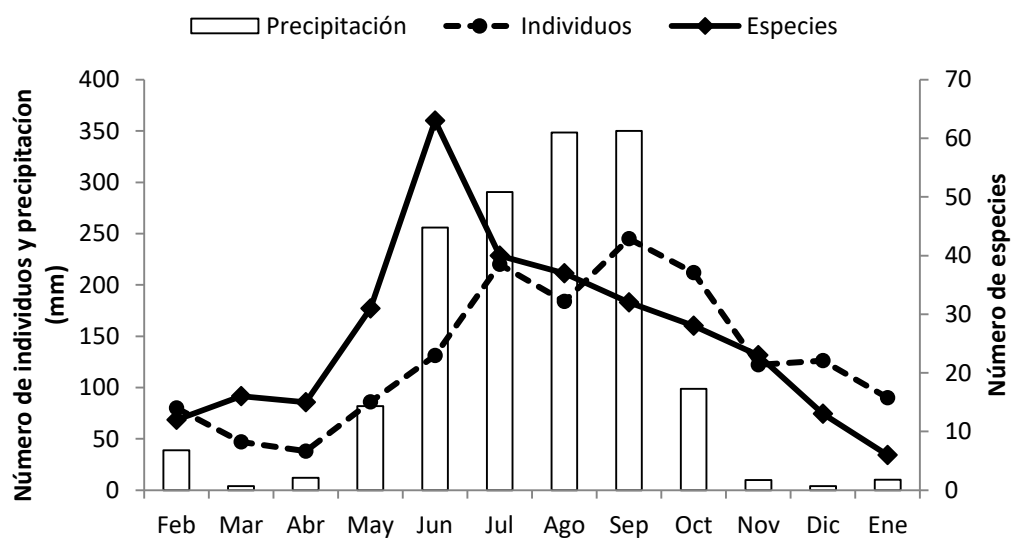
**Tabla 2.** Valores mensuales de abundancia (número de individuos), diversidad y del logaritmo de la equitatividad relativa para la comunidad de Cerambycidae del bosque tropical caducifolio de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos.

	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene
Abundancia	80	47	38	86	131	220	184	245	212	122	126	90
${}^0D_\alpha$	11	9	15	29	58	38	34	31	26	22	12	6
${}^1D_\alpha$	5.9	6.2	11.1	18.3	42.4	21.1	12.8	8.0	13.6	8.3	4.7	1.5
${}^2D_\alpha$	4.5	5.0	8.3	11.6	29.1	12.5	6.8	3.5	8.2	4.3	2.8	1.2
RLE <sub>0,1</sub>	0.77	0.81	0.89	0.87	0.92	0.85	0.73	0.62	0.82	0.68	0.62	0.24

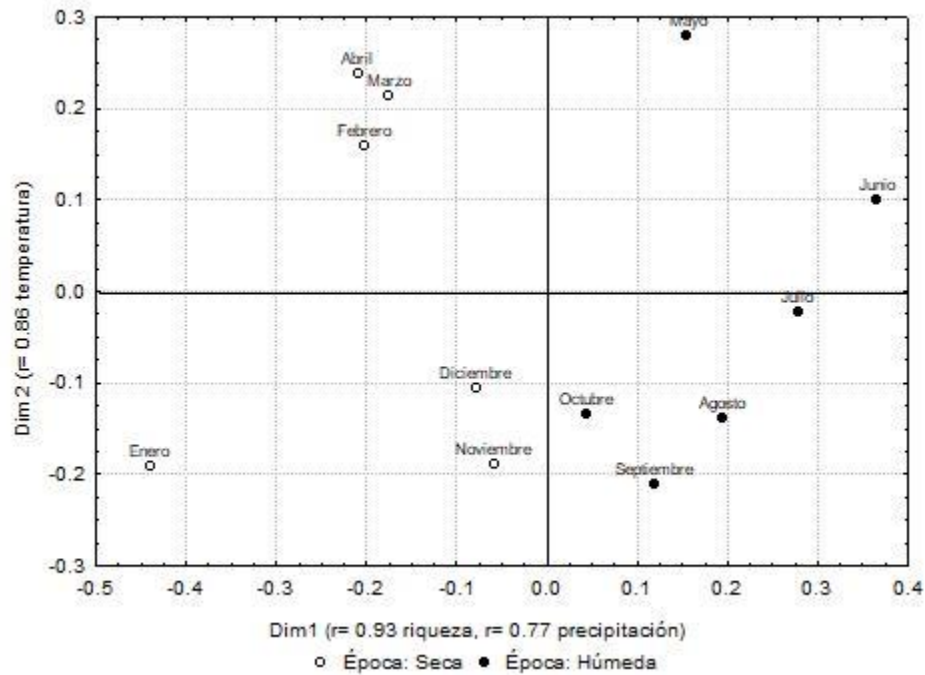
## Figuras



**Figura 1.** Ubicación geográfica del ejido de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos.



**Figura 2.** Relación entre la precipitación media mensual y la riqueza y abundancia de Cerambycidae del bosque tropical caducifolio de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos.



**Figura 3.** Ordenamiento de la comunidad de Cerambycidae del bosque tropical caducifolio de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos. El ordenamiento fue realizado con la técnica NMDS basada en una matriz de similitudes faunísticas (índice de Jaccard) entre meses de muestreo (estrés 0.074). En cada dimensión se muestran las variables que correlacionan con ella ( $P > 0.05$ ).

## Capítulo 2

### **Seasonal diversity of Cerambycidae (Coleoptera) is more complex than thought: evidence from a tropical dry forest of Mexico**

José Guadalupe Martínez-Hernández<sup>1</sup>, Angélica María Corona-López<sup>1</sup>, Alejandro Flores-Palacios<sup>1</sup>, Matthias Rös<sup>2</sup> and Víctor Hugo Toledo-Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIByC), Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Morelos, México.

<sup>2</sup>CONACyT, Centro Interdisciplinario de Investigación para el desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Instituto Politécnico Nacional. Oaxaca, México.

Corresponding Author:

Víctor Hugo Toledo-Hernández

Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIByC),

Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Morelos, México.

Cuernavaca, Morelos, México.

Email address: [victor.toledo@uaem.mx](mailto:victor.toledo@uaem.mx)

### **Abstract**

Global climate change is expected to affect temperature and precipitation patterns worldwide, which in turn is likely to affect insect phenology, distribution and diversity. To improve our understanding of such processes, it is important to understand how insects may respond to changes in seasonality, and how these affect their activity, patterns of distribution and species richness. The tropical deciduous forest (TDF) is a highly seasonal ecosystem, for which two seasons are commonly described (rainy and dry) and there is a lack of information on the combined effect of both precipitation and temperature on the insect communities. In order to evaluate the seasonal patterns in the community of Cerambycidae in a TDF, historical climatic variables were obtained, and an annual

sampling of the family was carried out, using three collection techniques. We found that the Cerambycidae family showed a more complex response to climate, than simply the rainy and dry season of the year. The relationship between diversity and composition of cerambycids with changes in temperature and precipitation showed four seasonal communities which were synchronized with phenological processes of the TDF. Climate change could lower biodiversity. If the seasonal patterns loses complexity, either because the climate characteristics of some season disappear and/or because the length of one season expands.

## **Introduction**

The phenology is defined as the study of the timing of recurrent biological activities in order to detect their seasonal patterns and the causes of these (Rathcke & Lacey, 1985). Phenological patterns are critical for the survival and reproduction of the species (Mantovani et al., 2003), and also are an important factor promoting coexistence of species, by reducing intra and interspecific competition and influencing ecosystem processes, particularly nutrient uptake, recycling and primary productivity (Cleland et al., 2007).

The phenological variation of plant behavior is mainly related with climatic factors and generates pulses of resources for the animals, creating a seasonal segregation of animal species (Rathcke & Lacey, 1985; Cardoso et al., 2007). Insects are a suitable group for the study of seasonal patterns of diversity, since they present a rapid response to environmental changes and a close relationship with the vegetation phenology (Danks, 2007). However, for many insects groups and guilds, seasonal patterns of species diversity have been less studied than spatial patterns and, few published works show data of at least one complete annual cycle (comprising all the seasons, Dornelas et al., 2013).

Insect phenology has been studied in different ecosystems, including environments with little climatic seasonality such as tropical humid forests, and there are more studies in environments that present a marked differentiation between the rainy and dry periods (Wolda, 1988; Novais et al., 2016). The seasonal pattern of insects depends on both the taxonomic group and the environment it inhabits (Kishimoto-Yamada & Itioka, 2015). The seasonal patterns are the result of natural selection, and it is considered that a phenological



pattern was selected to optimize survival, reproduction, or both, in the individuals of the populations. However, it is possible that current rhythms of activity may be the result of phylogenetic inertia and reflect adaptations to ancestral conditions (Danks, 2007).

The tropical deciduous forest (TDF) is a seasonal environment, in which most rain fall over a period of three to six months, in short and intense precipitation events. The decrease in the amount of rain during the dry season causes changes in the physiognomy of the forest (leaves fall), a reduction in productivity and in the availability of resources for animals, as a consequence, there is a corresponding decrease in the biological activity in the forests (Janzen, 1976; Lister & García, 1992; Pérez-García et al., 2012).

The TDF is considered the tropical forest most threatened by climate change. This high potential risk is caused by an estimated reduction of precipitation and a higher and more homogeneous temperature in the TDF areas of distribution. Changes in this ecosystem due to climatic stress will potentially alter their distribution and their phenological patterns and consequently, the distribution and seasonality of the animal species that inhabit it (Mora et al., 2013; Macedo-Reis et al., 2016; Wright, 2017; Novais et al., 2018a).

In general, seasonality in the TDF is related to precipitation, since plant growth occurs mainly during the rainy season (Murphy & Lugo, 1986), and thus, the abundance and number of insect species increases during this period (Wolda, 1978; Pescador-Rubio et al., 2002). However, other vegetation processes, such as flowering, fructification and seed dispersion occur in different periods during the year (Rathke & Lacey, 1985; Murphy & Lugo, 1995).

In Mexico, studies on TDF have shown seasonal changes in the composition and structure of communities of different insect communities (De la Maza, 2010; Zaragoza-Caballero et al., 2010). For example, in the case of the TDF located in the south of the state Morelos (central Mexico), studies show that the composition, abundance and species richness of several insect communities change between the dry and rainy seasons (Noguera et al., 2002; Zaragoza-Caballero et al., 2003; Rodríguez & Woolley, 2005; Ávalos, 2007; Corona-López et al., 2013; Toledo-Hernández et al., 2015; Corona-López et al., 2017).

Cerambycidae beetles are of great ecological importance in forest ecosystems. Their larvae are saproxilophagous, and thus they are key species in the process of wood decomposition (Noguera & Chemsak, 1996; Hovore, 2006; Calderon-Cortés, 2011; Novais et al., 2018b). The imagos of different species feed on sap, leaves, flowers, fruits, bark and fungi (Monné & Bezark, 2015). Due to their saproxilophagous habit, it has been suggested that some species of this family have specific relationships with plant taxa, and thus, the moment of emergence of the imagos could be determined by the phenology of the host plants (e.g. optimizing the offer of oviposition sites). In this way, the seasonal patterns of the emergence of Cerambycidae imagos could reflect an optimal time for their reproduction (Keszthelyi, 2015; Monné & Bezark, 2015). Despite this general pattern, there have been very few studies about the annual patterns of imago activity of the Cerambycidae, especially in TDF.

Knowing the temporal changes in diversity, as the time of species occurrence, duration, synchrony, and predictability of each phenophase and their relationship with climatic variables are key pieces of information for biodiversity management and conservation. Climate change caused by anthropogenic activities will affect the climatic variables that signal the onset of phenophases, affecting the temporary replacement of species (Moreno & Halffter, 2001; Lee et al., 2014).

We survey the diversity seasonal patterns of the community of Cerambycidae in a TDF of the central southern region of Mexico. We expected to find concordance between the seasonal dichotomy (rainy and dry periods) of the TDF, and the behavior of the Cerambycidae community. We hypothesized that the composition, abundance and diversity of the Cerambycidae community would reflect two seasonal communities, based on the emergence of their imagos, and that this behavior would be related with precipitation and temperature.

## **Materials & Methods**

### STUDY SITE

This work was conducted in the TDF of the ejido of San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos (99°06'50.2" N, 18°57'22.2" W; Fig. 1). This TDF is protected and forms part of

the “El Tepozteco” National Park (CONANP, 2008; INEGI, 2015). The area presents a rugged topography with an altitudinal gradient of 1300 - 1770 m a.s.l. The climate is semi-warm, with an annual mean temperature of 20 °C, and a mean annual precipitation of 1200 mm, with rains from May to October. The TDF in the zone is formed by at least 85 species of woody plants in two forest units; one developed on limestone rock, in which the dominant species are *Sapium macrocarpum* Müll. Arg. (Euphorbiaceae), *Bursera fagaroides* (Kunth) Engl., *B. glabrifolia* (Kunth) Engl. (Burseraceae) and *Conzattia multiflora* (B. L. Rob.) Standl. (Fabaceae), and the other on volcanic rock, in which the dominant species are *S. macrocarpum*, *Ipomoea pauciflora* M. Martens and Galeotti (Convolvulaceae) and *Quercus obtusata* Bonpl. (Fagaceae) (Vergara-Torres et al., 2010; Cortés-Anzúres et al., 2017).

#### COLLECTION METHODS

Diurnal and nocturnal sampling was conducted monthly over six consecutive days from February 2015 to January 2016, covering the rainy (May, June, July, August, September and October) and dry (November, December, January, February, March and April) seasons. The diurnal collections (10:00 - 15:00 h) were done by four persons, who made *ad libitum* trips searching for cerambycid individuals on flowers, branches and fallen trunks, as well as beating the vegetation with an entomological net. Total diurnal sampling effort was 1440 h (4 persons × 5 h × 6 days × 12 months).

In the nocturnal collections (4 h per night, and the periods varied according to the setting of the sun), a screen light trap (2 m<sup>2</sup> wide, two 175 watt mercury vapor lamps), was used. To increase sample representativity, the light trap was set in a different site every night, but the same sites were repeated every month. Total nocturnal sampling effort was 288 h (1 trap × 4 h × 6 nights × 12 months).

Collected specimens were dry-conserved with entomological pins and deposited in the Insect Collection of the Universidad Autónoma del Estado de Morelos (CIUM), located in the Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIβγC), UAEM.

In order to understand the climatic variability of the study area, climatic data (precipitation and temperature) pertaining to the zone was compiled. This information was

obtained from the nearest climatological station of the Mexican National Water Commission (station number 17049, CONAGUA, unpublished data).

#### DATA ANALYSES

Sampling efficiency was evaluated using sample coverage ( $\hat{C}_m$ ); sample coverage measures the completeness of an inventory in terms of the species abundances observed, and enables interpolation/extrapolation of the richness expected, based on the estimator Chao 1, making possible the comparison of richness between communities at the same coverage (Chao & Jost, 2012).

The diversities for the entire sampling, for each sampling unit (i.e. month) and for each season, were calculated using  ${}^qD$  true diversities (Jost, 2006, 2007). These diversities were calculated for the alpha and beta levels at three different orders of  $q$  (0, 1, 2),  $q$  indicates the sensitivity of the measure of diversity to the abundance of the species. When  $q$  is equal to 0,  ${}^0D$  ignores species abundance and its values are equal to the species richness. When  $q$  is equal to 1,  ${}^1D$  perfectly weights the species importance according to their proportional abundances, and  ${}^1D$  is equal to the exponential of the Shannon diversity index. When  $q$  is equal to 2,  ${}^2D$  overweights the species proportional abundance, and  ${}^2D$  is equivalent to the inverse of the Simpson dominance index (Jost, 2006). To measure the evenness, the proportion of rare species was calculated ( $1-EF_{0,2}$ ) as well as the relative logarithmic inequality ( $RLI_{0,2}$ , Jost, 2010). The true diversities and sample coverages were calculated using the package Entropart (Marcon & Hérault, 2015) in the statistical program R (version 3.3.2). The correlations of the  ${}^qD$  diversities with the variables of mean monthly precipitation and temperature were calculated.

In order to determine whether seasonality generated compositional changes along the year in the community of cerambycids, two analyses were performed with the sampling months. The first was non-metric multidimensional scaling analysis (NMDS; Dunn & Everitt, 2004) and the second was an analysis of beta (Jost, 2007). For the NMDS analysis a matrix was constructed with the paired values of the Morisita-Horn similarity index among the sampling months (supplementary material). This similarity index is directly related to the values of  ${}^2D$  diversity, and accordingly was calculated using the equation for

compositional similarity among communities (Jost, 2007; Jost et al., 2011). In order to interpret the NMDS ordering of the sampling units (months), clustering patterns were graphically sought, and the NMDS dimensions were correlated with the variables of average monthly precipitation and temperature.

For the beta diversity analysis, we first calculated the gamma ( ${}^qD_\gamma$ ) and alfa ( ${}^qD_\alpha$ ) diversities and estimated beta as  ${}^qD_\gamma / {}^qD_\alpha$ , following Jost (2007). For this analysis we used the same values of  $q$  and the software referred before (Entropart, Marcon & Hérault, 2015).

## Results

A total of 1581 individuals of 126 species were collected, belonging to four subfamilies, 34 tribes and 77 genera. The coverage for the entire sampling was 97%, which suggests that the 34 non-collected species (according to the estimator Chao 1) only represented 3% of the individuals of the community. Sampling coverage for each month varied from 75 - 98% for June and October, respectively (Table 1).

The activity of the species of Cerambycidae displayed a marked seasonality; greatest richness (June) and abundance (September), were found during the rainy season (Fig. 2). A total of 66% of the species were active during the rainy season (89 spp), 20% were recorded in both seasons (26 spp) and 14% were only presented in the dry season (19 spp). A total of 84% of the species were only present between one and three months.

The NMDS analysis required two dimensions to arrange the samples (stress = 0.089). Dimension 1 correlated negatively with temperature ( $r = -0.78$ ,  $p = 0.002$ ), and dimension 2 positively with precipitation ( $r = 0.79$ ,  $p = 0.005$ ), with species richness ( $r = 0.67$ ,  $p = 0.028$ ) and abundance ( $r = 0.87$ ,  $p = 0.001$ ) of the cerambycids.

Four seasonal groups were observed in the NMDS ordering (Fig. 3A). These four seasonal groups are: 1- the early rainy season (ERS- May and June), 2- the late rainy season (LRS- July, August, September, October and November), 3- the early dry season (EDS- December and January), and 4- the late dry season (LDS- February, March and April). Comparison of the similarity values between pairs of months showed higher similarity among the months of each seasonal group (Complementary material), than between groups;

except for the group formed by the months of May and June, which presented the lowest values in comparison with the other seasonal groups.

The presence of four seasonal communities were also supported by the beta diversity analysis, since all the beta diversities values ( ${}^0D_{\beta}=4.32$ ,  ${}^1D_{\beta}=3.63$  and  ${}^2D_{\beta}=3.79$ ) round to 4, indicating the existence of four seasonal communities in the study area.

Each of the four seasonal communities suggested by both analyses (NMDS and  ${}^qD_{\beta}$ ) can be described by its own characteristics of diversity of Cerambycidae and climatic variables (Fig. 3B; Table 1). The ERS occurred at the beginning of the rainy season, with a mean temperature of 22 °C, and in this season the values of diversity were the highest and inequality was the lowest. The LRS occurred during the peak of precipitation, with a mean temperature of 20 °C, and the greatest proportion of individuals and rare species were detected. The EDS occurred when precipitation was less than 10 mm and the mean temperature is 19 °C, the diversity was the lowest and inequality was the highest. Finally, the LDS occurred when precipitation did not exceed 40 mm, mean temperature is 21 °C, in the LDS emerged both the lowest proportion of individuals and of rare species (Fig. 3B; Table 1).

## Discussion

In the TDF, the strongly seasonal climate has led to the general recognition of two seasons (rainy and dry seasons), in which the plants concentrate different periods of their growth, (Murphy & Lugo, 1986). This simplification does not take into account that both plants and animals could respond to climatic variations within these defined seasons. Our data indicate that both the climate of the study zone and the behavior of the Cerambycidae community are divided into four seasons.

Despite the highest sampling coverage obtained, the estimate of species richness suggests that 20% of species in the study area were not collected. This is consistent with other studies, where the expected number of cerambycid species not recorded was between 27–50%, according to ICE and Chao 2 (Noguera et al., 2002, 2007, 2009, 2012; Toledo et al., 2002).

The  ${}^qD$  diversity values are lower than those obtained in three nearby southern TDF sites (Coaxitlán, Huaxtla and El Limón de Cuauchichinola) of the Sierra de Huautla biosphere reserve (REBIOSH); where the species richness recorded were 204, 140 and 141 species of cerambycids, respectively (Martínez-Hernández, 2013). This may indicate that the diversity of cerambycids is lower in the TDF of north of the state of Morelos, possibly because of the more temperate climate in comparison with that of the south and is in accordance with the fact that species of cerambycids prefer average temperatures around 23 °C (Danks, 2007; Lee et al., 2014).

The climatic seasonality of the TDF has normally been characterized in two seasons, and the general phenological patterns of this vegetation type are thus described (Murphy & Lugo, 1986, 1995). From this pattern, the TDF has been understood as a simple and predictable ecosystem, and it is also assumed that the communities of insects relate only to these two seasons (Rodríguez & Woolley, 2005; Ávalos, 2007; Corona-López et al., 2013). However, the results of this study show that the climatic variability in the TDF is more complex, and that four different communities of cerambycids correspond to it.

Comparing the seasonal communities, we found that the greatest values of  ${}^qD_\beta$  diversity were obtained for  ${}^0D_\beta$ . This indicates that the greatest differentiation between seasons is due to the species that are found in each season, that is, the seasons show differences in species composition, rather than differences in abundance or species dominance between the seasons. The multidimensional scaling analysis reaffirms this seasonal pattern, since the samples displays a configuration that correlates with both precipitation and temperature; and the relationship with precipitation and temperature generates four seasonal groups.

Other cerambycid communities also show more than two seasonal communities. In the conifer forests of northeastern USA, the cerambycid community presented a seasonal pattern divided into three groups, which are related to the seasons of spring (March, April and May), summer (June, July and August) and autumn (September, October and November), the activity in winter was not sampled by the characteristic snowfall of the area (Hanks et al., 2014). These three seasonal periods found in the conifer forests are neither attributed to environmental variables nor to the phenology of vegetation (Hanks & Millar,

2013; Handley et al., 2015). For this vegetation type in North America, temperature is recognized as the main driver of seasonal patterns in the poikilothermic animals, and in insects, this is achieved through regulation of the duration of the diapause (Powel et al., 2000).

A dichotomic seasonal (transition between rainy and dry seasons) pattern differentiated by precipitation, has been observed in tropical regions for various groups of insects (Kishimoto-Yamada & Itioka, 2015; Novais et al., 2016) and for different families of beetles in the TDF (Toledo-Hernández et al., 2015; Macedo-Reis et al., 2016; Corona-López et al., 2017; Novais et al., 2018b). For the Cerambycidae communities this pattern has been recognized in the TDF of different regions of Mexico (Noguera et al., 2002, 2007, 2009, 2012; Toledo et al., 2002). The relationship between the activity of the insects of the TDF and precipitation and temperature can be explained by the fact that water limit primary productivity, while both limit the decomposition rate of wood (Maass et al., 2002; Jaramillo et al., 2011), and temperature affects the metabolism of the insects (Danks, 2007; Müller et al., 2015).

The observed seasonal subgroups of cerambycids can also be related with phenological processes of the vegetation. The ERS cerambycids could be probably related with the foliation of woody plants, the LRS with the flowering of herbaceous plants (which occurs mainly from September to November, Corona-López et al., 2017), the EDS with the flowering of woody plants, and the LDS with the fructification of woody plants (Rathcke & Lacey, 1985). A similar pattern occurs in the TDF of Chamela, Jalisco, where these subgroups coincide with foliation (LRS), flowering (ERS), fructification (EDS) and seed dispersion (LDS, Bullock & Solis-Magallanes, 1990; Wright, 2017). However, it is also possible that the presence of four seasonal subgroups of Cerambycids could be due to phylogenetic inertia, resembling the phenological adaptation to past climate and suggesting that this Cerambycid community lacks of adaptative capacity to the present climate.

Changes in the seasonality (phenology) of TDF due to changes in weather patterns, will generate in insect communities changes in their activity patterns, migrations to suitable microhabitats and even local extinctions, since changes in humidity affect the duration of larval development and adult fecundity (Jaworski & Hilszczanski, 2013).



While the increase in temperature causes greater drying and an increase in metabolism rate, these changes in activity or the disappearance of insect species could cause changes in the higher trophic levels and favor the emergence of opportunistic or invasive species (Chow et al., 2011). In the particular case of the saproxilophagous, due to its high specificity of habitat, the effects of changes in climatic patterns are expected to be more strong, affecting ecosystem services, particularly the recycling of nutrients due to the degradation of dead wood (Berkov, 2018).

Global temperatures are expected to increase by 1-3 °C during the next 100 years (IPCC, 2013), and may increase the length of the dry season. That could favor the late-dry community of Cerambycidae, because it is associated with the highest temperature and the lowest precipitation, but this community is the less diverse, while the early dry community appeared when temperature was 2-3 °C lower. The community of Cerambycidae that appeared during the rainy season also occurred when temperatures were 2-3°C lower than the late-dry community, suggesting that climate change could affect the most diverse communities of Cerambycidae of the TDF.

## **Conclusions**

The results of this study confirm the relationship between climate seasonality and the emergence periods of cerambycids, and how these seasonal patterns are recognized, both by precipitation and by temperature. The TDF is an ecosystem of wide distribution but is considered as one of the most threatened by deforestation, fragmentation and climatic change (Miles et al., 2006; Kegan, 2014). Efforts such as the present, can help to increase our knowledge in terms of this complex ecosystem, and thus, contribute to its conservation. Further research that can contribute to elucidating the ecological (pulses of resources) or evolutionary (phylogenetics) causes behind these four seasons is necessary, in order to fully understand the causes of this behavior in the cerambycids and predict the response of these group of insects to climate change.

## **Acknowledgements**

Special thanks to the team of the Insect Collection of the Universidad Autónoma del Estado de Morelos (CIUM) for assistance during the fieldwork. Comments and criticism of J. L.

Navarrete-Heredia improved the manuscript. Thanks to Larry Bezark and Antonio Santos Silva for corroborating the determination of the cerambycids species. This research was supported by a CONACYT grant for doctorate studies (428936) and constitutes part of the doctoral thesis of JGMH in the PhD Program in Natural Sciences-UAEM.

## References

**Ávalos HO. (2007).** Bombyliidae (Insecta: Diptera) de Quilamula en el área de Reserva Sierra de Huautla, Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana* **23(1)**: 139-169.

**Berkov A. (2018).** Seasonality and stratification: Neotropical saproxylic beetles respond to a heat and moisture continuum with conservatism and plasticity. In Ulyshen MD (ed) *Saproxylic Insects: Diversity, Ecology and Conservation* Springer, pp. 547-578.

**Bullock SH, Solis-Magallanes JA. (1990).** Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica* **22**:22-35 DOI 10.2307/2388716.

**Calderón-Cortés N, Quesada M, Escalera-Vázquez LH. (2011).** Insects as stem engineers: interactions mediated by the twig-girdler *Oncideres albomarginata* chamela enhance arthropod diversity. *PLoS One*, **6(4)**: e19083 DOI 10.1371/journal.pone.0019083

**Cardoso P, Silva I, De Oliveira NG, Serrano ARM. (2007).** Seasonality of spiders (Araneae) in Mediterranean ecosystems and its implications in the optimum sampling period. *Ecological Entomology* **32(5)**: 516-526 DOI 10.1111/j.1365-2311.2007.00894.x.

**Chao A, Jost L. (2012).** Coverage based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology* **93(12)**: 2533-2547 DOI 10.1890/11-1952.1.

**Chown SL, Sørensen JG, Terblanche JS. (2011).** Water loss in insects: an environmental change perspective. *Journal of Insect Physiology* **57(8)**: 1070-1084 DOI 10.1016/j.jinsphys.2011.05.004.

**Cleland EE, Chuine I, Menzel A, Mooney HA, Schwartz MD. (2007).** Shifting plant phenology in response to global change. *Trends Ecology Evolution* **22(7)**: 357-365 DOI 10.1016/j.tree.2007.04.003.

**Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2008).** Anteproyecto Programa de Manejo: Parque Nacional el Tepozteco. <http://www.conanp.gob.mx/anp/consulta/Anteproyecto16may08.pdf>. Accessed 20 September 2017

**Corona-López AM, Toledo-Hernández VH, Ruiz E, Coronado JM, Myartseva SN. (2013).** Los artrópodos de La Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Morelos México. In: Sígala-Rodríguez J (ed), Memorias del XX Congreso Nacional de Zoología, Aguascalientes, México, pp 74-81

**Corona-López AM, Reza-Pérez EV, Toledo-Hernández VH, Flores-Palacios A, Hespenheide HA, Westcott RL, MacRae TC, Bellamy CL. (2017).** Diversity of Buprestidae (Coleoptera) from El Limón de Cuauchichinola, Tepalcingo, Morelos, Mexico. *The Pan-Pacific Entomologist* **93(2)**, 71-84 DOI 10.3956/2017-93.2.71.

**Cortes-Anzures BO, Corona-López AM, Toledo-Hernández VH, Valencia Díaz S, Flores-Palacios A. (2017).** Branch mortality influences phorophyte quality for vascular epiphytes. *Botany* **95(7)**: 709-716 DOI 10.1139/cjb-2017-0023.

**Danks HV. (2007).** The elements of seasonal adaptations in insects. *The Canadian Entomologist* **139(1)**: 1-44 DOI 10.4039/n06-048.

**De la Maza R. (2010).** Lepidópteros diurnos. In: Ceballos G, Martínez L, Espinoza E, Bezaury-Creel J, Dirzo R (ed) Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México, FCE-CONABIO-TELMEX-CONANP-WWF México-EcoCiencia SC, pp 179- 194

**Dornelas M, Magurran AE, Buckland ST, Chao ., Chazdon RL, Colwell RK, Curtis T, Gaston KJ., Gotelli NJ, Kosnik MA, McGill B, McCune JL., Morlon H, Mumby PJ., Ovreas L, Studeny A, Vellend M. (2013).** Quantifying temporal change in biodiversity: challenges and opportunities. *Proceedings of the Royal Society* **280(1750)**: 20121931 DOI 10.1098/rspb.2012.1931.

**Dunn G, Everitt BS. (2004).** An introduction to Mathematical Taxonomy. Cambridge Cambridge University Press, Cambridge, UK.

**Handley K, Hough-Goldstein J, Hanks LM, Millar JG, D'Amico V. (2015).** Species Richness and Phenology of Cerambycid Beetles in Urban Forest Fragments of Northern Delaware. *Annals of the Entomological Society of America* **108(3)**: 251-262 DOI 10.1093/aesa/sav005.

**Hanks LM, Millar JG. (2013).** Field bioassays of cerambycid pheromones reveal widespread parsimony of pheromone structures, enhancement by host plant volatiles, and antagonism by components from heterospecifics. *Chemoecology* **23(1)**: 21-44.

**Hanks LM, Reagel PF, Mitchell RF, Wong JC, Meier LR, Silliman CA, Graham EE, Striman BL, Robinson KP, Mongold-Diers JA. (2014).** Seasonal phenology of the cerambycid beetles of east central Illinois. *Entomological Society of America* **107(1)**, 211-226 DOI 10.1603/AN13067.

**Hovore FT. (2006).** The Cerambycidae (Coleoptera) of Guatemala. In: Cano E, (ed) Biodiversidad de Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala, pp. 363-378

**Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (2015).** Mapa digital. <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6>, Accessed 20 September 2016

**IPCC. (2013).** Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York

**Janzen DH. (1976).** The microclimate differences between a deciduous forest and adjacent riparian forest in Guanacaste providence. *Brenesia* **8**:29-33.

**Jaramillo VJ, Martínez-Yrizar A, Sanford-Jr RL. (2011).** Primary productivity and biogeochemistry of seasonally dry tropical forests. In: Dirzo R., Young HS, Mooney HA, Ceballos G (ed) Seasonally dry tropical forests, Island Press/Center for Resource Economics, pp. 109-128.

**Jaworski T, Hilszczanski J. (2013).** The effect of temperature and humidity changes on insect development and their impact on forest ecosystems in the context of expected climate change. *Forest Research Papers* **74(4)**: 345-355 DOI 10.2478/frp-2013-0033.

**Jost L. (2006).** Entropy and Diversity. *Oikos* **113(2)**: 363-375 DOI 10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x.

**Jost L. (2007).** Partition diversity into independent alpha and beta components. *Ecology* **88(10)**: 2427-2439 DOI 10.1890/06-1736.1.

**Jost L. (2010).** The Relation between Evenness and Diversity. *Diversity* **2(2)**: 207-232 DOI 10.3390/d2020207.

**Jost L, Chao A, Chazdon R. (2011).** Compositional similarity and  $\beta$  (beta) diversity. In: Magurran A, McGill B (eds) *Biological Diversity: Frontiers in Measurement and Assessment*. Oxford University Press, pp 66-84.

**Kegan K. (2014).** Infiltration and soil water dynamics in a tropical dry forest: it may be dry but definitely not arid. *Hydrological Processes* **28(14)**: 4377-4387 DOI 10.1002/hyp.10177.

**Keszthelyi S. (2015).** Diversity and seasonal patterns of longhorn beetles (Coleoptera: Cerambycidae) in the Zselic region, Hungary. North Western. *North Western Journal of Zoology* **11(1)**: 62-69.

**Kishimoto-Yamada K, Itioka T. (2015).** How much have we learned about seasonality in tropical insect abundance since Wolda (1988)? *Entomological Science* **18(4)**: 407-419 DOI 10.1111/ens.12134.

**Lister B, García A. (1992).** Seasonality, predation, and the behaviour of a tropical mainland anole. *Journal of Animal Ecology* **61(3)**:717-733 DOI: 10.2307/5626.

**Lee CJ, Baxt A, Castillo S, Berkov A. (2014).** Stratification in French Guiana: Cerambycid beetles go up when rains come down. *Biotropica* **46(3)**: 302-311 DOI 10.1111/btp.12101.

**Maass M, Jaramillo V, Martínez-Yrizar A, García-Oliva F, Pérez-Jiménez A, Sarukhán J. (2002).** Aspectos funcionales del ecosistema de selva baja caducifolia en Chamela, Jalisco. In: Noguera FA, Vega JH, García AN, Quesada M (ed) *Historia natural de Chamela*, Instituto de Biología, UNAM, D.F. México, pp 525-542.

**Macedo-Reis, L. E., Novais, S. M. A. D., Monteiro, G. F., Flechtmann, C. A. H., Faria, M. L. D., & Neves, F. D. S. (2016).** Spatio-temporal distribution of bark and ambrosia beetles in a Brazilian tropical dry forest. *Journal of Insect Science* **16(1)**: 48 1-9 DOI 10.1093/jisesa/iew027.

**Mantovani M, Ruschel AR, Reis Md, Puchalski A, Nodari RO. (2003).** Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em uma formação secundária da floresta atlântica. *Revista Árvore* **27**:451-458.

**Marcon E, Hérault B. (2015).** entropart: An R package to measure and partition diversity. *J Stat Softw* **67**.

**Martínez-Hernández JG. (2013).** Diversidad de la familia Cerambycidae (Coleoptera) en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Morelos. PhD thesis. Autonomous University of the State of Morelos, México.

**Miles L, Newton AC, DeFries RS, Ravilious C, May I, Blyth S, Kapos VJ, Gordon E. (2006).** A global overview of the conservation status of tropical dry forest. *Journal of Biogeography* **33(3)**: 491-505 DOI 10.1111/j.1365-2699.2005.01424.x.

**Monné MA, Bezark LG. (2015).** Checklist Oxypeltidae, Vesperidae, Disteniidae and Cerambycidae, (Coleoptera) of the Western Hemisphere 2016. <https://apps2.cdfa.ca.gov/publicApps/plant/bycidDB/checklists/WestHemiCerambycidae2016.pdf> . Accessed 18 November 2017

**Mora C, Frazier AG, Longman RJ, Dacks RS, Walton MM, Tong E.J, Sanchez JJ, Kaiser LR, Stender YO, Anderson JM, Ambrosino CM, Fernandez-Silva I, Giuseffi LM, Giambelluca TW. (2013).** The projected timing of climate departure from recent variability. *Nature* **502**:(7470): 183 DOI 10.1038/nature12540.

**Moreno CE, Halffter G. (2001).** Spatial and temporal analysis of  $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\gamma$  diversities of bats in a fragmented landscape. *Biodiversity and Conservation* **10(3)**: 67-382.

**Müller J, Brustel H, Brin A, Bussler H, Bouget C, Obermaier E, Procházka J. (2015).** Increasing temperature may compensate for lower amounts of dead wood in driving richness of saproxylic beetles. *Ecography* **38(5)**: 499-509 DOI 10.1111/ecog.00908.

**Murphy PG, Lugo AE. (1986).** Ecology of tropical dry forest. *Annual review of ecology and systematics* **17(1)**: 67-88 DOI 10.1146/annurev.es.17.110186.000435.

**Murphy PG, Lugo AE. (1995).** Dry forest of Central America and the Caribbean. In: Bullock S, Mooney H, Medina E (ed) Seasonally dry forests, Cambridge University Press, Cambridge, UK. pp 9-34.

**Noguera FA, Chemsak JA. (1996).** Cerambycidae (Coleoptera). In: Llorente J, García A, González E (ed), Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento, Vol. (1), UNAM, D.F. México, pp 381-409.

**Noguera FA, Chemsak JA, Zaragoza-Caballero S, Rodríguez- Palafox A, Ramírez-García E, González-Soriano E, Ayala R. (2002).** Diversity of the Family Cerambycidae (Coleoptera) of the tropical dry forest of Mexico, I. Sierra de Huautla, Morelos. *Annals of the Entomological Society of America* **95(5)**: 617-627 DOI 10.1603/0013-8746(2002)095[0617:DOTFCC]2.0.CO;2.

**Noguera FA, Chemsak JA, Zaragoza-Caballero S, Rodríguez- Palafox A, Ramírez-García E, González-Soriano E, Ayala R. (2007).** A faunal of Cerambycidae (Coleoptera) from one region with tropical dry forest in Mexico: San Buenaventura. *The Pan-Pacific Entomology* **83(4)**:296-314 DOI 10.3956/2007-14.1.

**Noguera FA, Ortega-Huerta MA, Zaragoza-Caballero S, González-Soriano E, Ramírez-García E. (2009).** A faunal of Cerambycidae (Coleoptera) from one region with tropical dry forest in Mexico: Sierra de San Javier, Sonora. *The Pan-Pacific Entomology* **82(4)**:70-90 DOI 10.3956/2009-04.1.

**Noguera FA, Zaragoza-Caballero S, Rodríguez-Palafox A, González-Soriano E, Ramírez-García E, Ayala R, Ortega-Huerta MA. (2012).** Cerambícidos (Coleoptera: Cerambycidae) del bosque tropical caducifolio en Santiago Domingullo, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **83(3)**: 611-622 DOI 10.7550/rmb.25088

**Novais SM, Evangelista LA, Reis-Junior R, Neves FS. (2016).** How Does Dung Beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) Diversity Vary Along a Rainy Season in a Tropical Dry Forest? *Journal of Insect Science* **16(1)**: 1-6 DOI 10.1093/jisesa/iew069.

**Novais, S., Macedo-Reis, L. E., Cristobal-Peréz, E. J., Sánchez-Montoya, G., Janda, M., Neves, F., & Quesada, M. (2018a).** Positive effects of the catastrophic Hurricane Patricia on insect communities. *Scientific Reports* **8(1)**: 15042 DOI 10.1038/s41598-018-33210-7.

**Novais S, Calderón-Cortés N, Sánchez-Montoya G, Quesada M. (2018b).** Arthropod Facilitation by Wood-Boring Beetles: Spatio-temporal Distribution Mediated by a Twig-girdler Ecosystem Engineer. *Journal of Insect Science*, **18(5)**: 14 DOI 10.1093/jisesa/iey097.

**Pérez-García EA, Meave JA, Cevallos-Ferriz SR. (2012).** Flora and vegetation of the seasonally dry tropics in Mexico: origin and biogeographical implications. *Acta Botánica Mexicana* **100**:149-193.

**Pescador-Rubio A, Rodríguez-Palafox A, Noguera FA. (2002).** Diversidad y estacionalidad de Arthropoda. In: Noguera FA, Vega JH, García AN, Quesada M (ed) *Historia Natural de Chamela*, Instituto de Biología, UNAM, D.F. México, pp 183-201.

**Powell JA, Jenkins JL, Logan JA, Bentz BJ. (2000).** Seasonal temperature alone can synchronize life cycles. *Bulletin of Mathematical Biology*, **62(5)**: 977-98 DOI 10.1006/bulm.2000.0192.

**Rathcke B, Lacey EP. (1985).** Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* **16(1)**: 179-214 DOI 10.1146/annurev.es.16.110185.001143.

**Rodríguez VB, Woolley JB. (2005).** La fauna de la familia Encyrtidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) en el bosque tropical caducifolio de la Sierra de Huautla, Morelos, México. *Folia Entomológica Mexicana* **44**:147-155.

**Toledo VH, Noguera FA, Chemzak JA, Hovore FT, Giesbert EF. (2002).** The Cerambycidae fauna of the tropical dry forest of “El Aguacero” Chiapas, Mexico. *The*



*Coleopterists Bulletin* **56(4)**: 515-532 DOI 10.1649/0010-065X(2002)056[0515:TCFOTT]2.0.CO;2.

**Toledo-Hernández VH, Rifkind J, Corona-López AM, Flores-Palacios A, Leavengood JM. (2015).** Faunistic Composition of Cleridae (Coleoptera) in El Limón de Cuauchichinola, Morelos, Mexico. *Annals of the Entomological Society of America* **108(5)**: 771-776 DOI 10.1093/aesa/sav039

**Vergara-Torres CA, Pacheco-Álvarez MC, Flores-Palacios A. (2010).** Host preference and host limitation of vascular epiphytes in a tropical dry forest of central Mexico. *Journal of Tropical Ecology* **26(6)**: 563-570 DOI 10.1017/s0266467410000349

**Wolda H. (1978).** Seasonal fluctuations in rainfall, food and abundance of tropical insects. *Journal of Animal Ecology* **47**: 369-381 DOI 10.2307/3789

**Wolda H. (1988).** Insect seasonality: why? *Annual Review of Ecology and Systematics* **19(1)**: 1-18 DOI 10.1146/annurev.es.19.110188.000245.

**Wright JS., Fu R, Worden JR., Chakraborty S, Clinton NE, Risi C, Sun Y, Yin L. (2017).** A rainforest-initiated wet season onset over the southern Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **114(32)**: 8481-8486 DOI 10.1073/pnas.1621516114.

**Zaragoza-Caballero S. (2003).** Cantharoidea (Coleoptera) de México. VII. Nuevos *Lygistopterus* Dejean (Lycidae: Calochrominae). *Acta Zoológica Mexicana* **89**: 1-16.

**Zaragoza-Caballero S, Noguera FA, González-Soriano E, Ramírez-García E, Rodríguez-Palafox A. (2010).** Insectos. In: Ceballos G, Martínez L, Espinoza E, Bezaury-Creel J, Dirzo R (ed) Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México FCE-CONABIO-TELMEX-CONANP-WWF México-EcoCiencia SC, pp 195- 214.

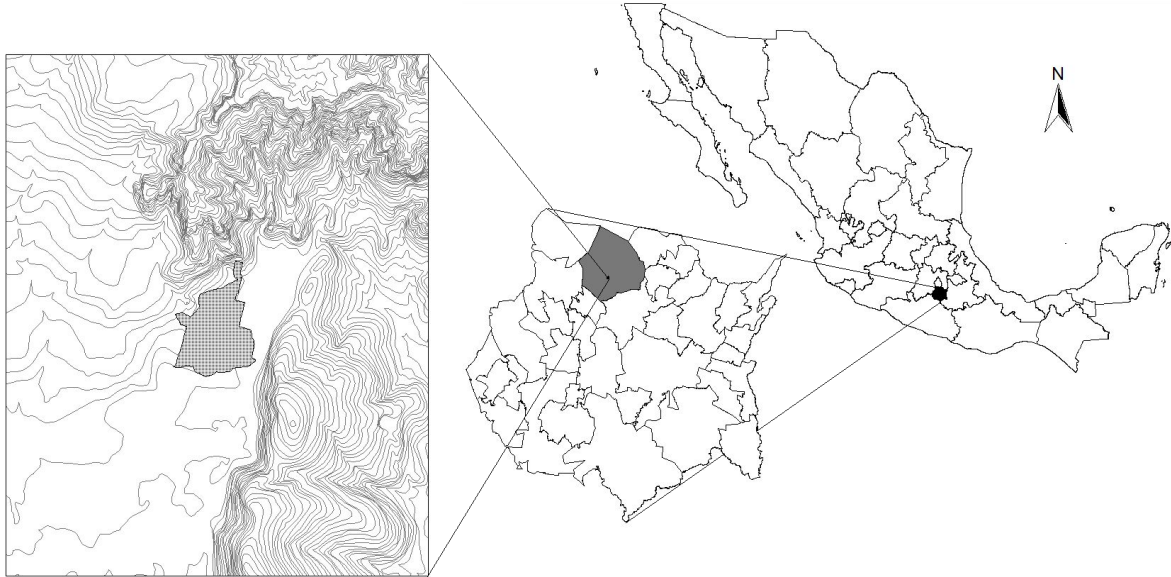
## Figure legends

**Figure 1.** Geographic location of the study area in the state of Morelos, in the municipality of Tepoztlán and the ejido of San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos. Contour lines are separated by 1000 m a.s.l. and the polygon is the urban area.

**Figure 2.** Monthly wealth (white circles) and abundance (black circles) of the Cerambycidae community of San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos. The bars are the historical average (25 years) of monthly precipitation.

**Figure 3.** Non-metric multidimensional scaling (NMDS) ordering of the community of cerambycids in a TDF of central Mexico (black dots: months of the rainy season and white dots: months of the dry season). A) The ordering is based on a matrix of similarity among pairs of months using the Morisita-Horn index (stress 0.089), the circles represent the seasonal subgroups, ERS (early rainy season), LRS (late rainy season), EDS (early dry season) and LDS (late dry season). B) The monthly values of the relative logarithmic inequality ( $RLI_{0,2}$ , continuous line) and the proportion of rare species ( $1-EF_{0,2}$ , dotted line) are shown.

**Figure 1.**



**Figure 2.**

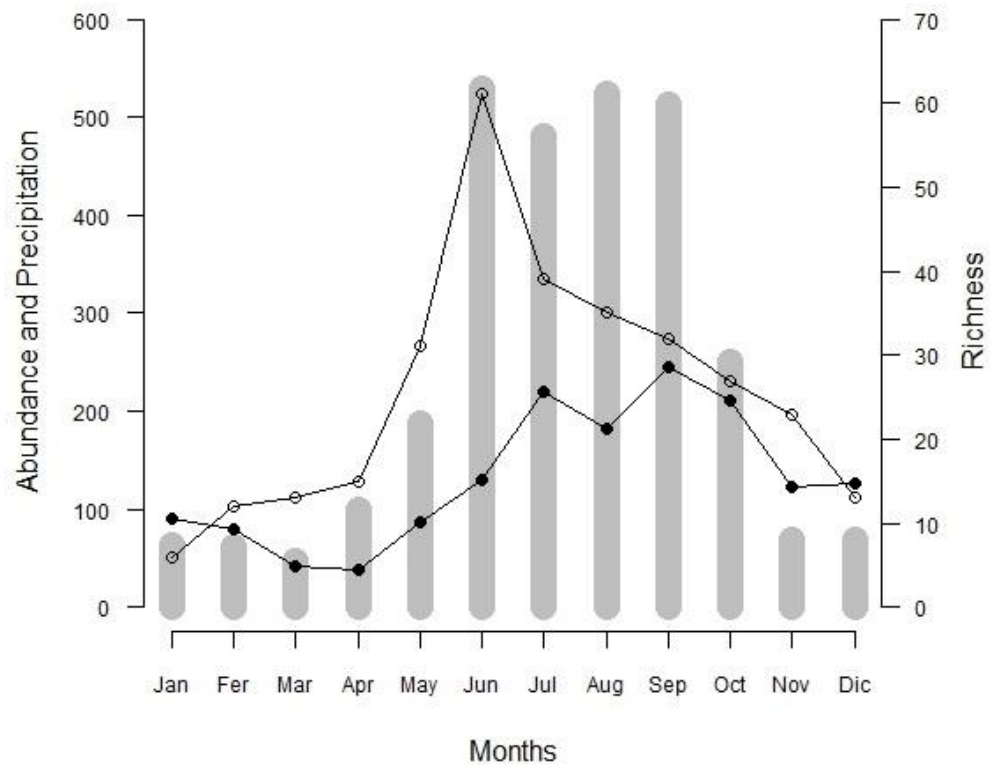
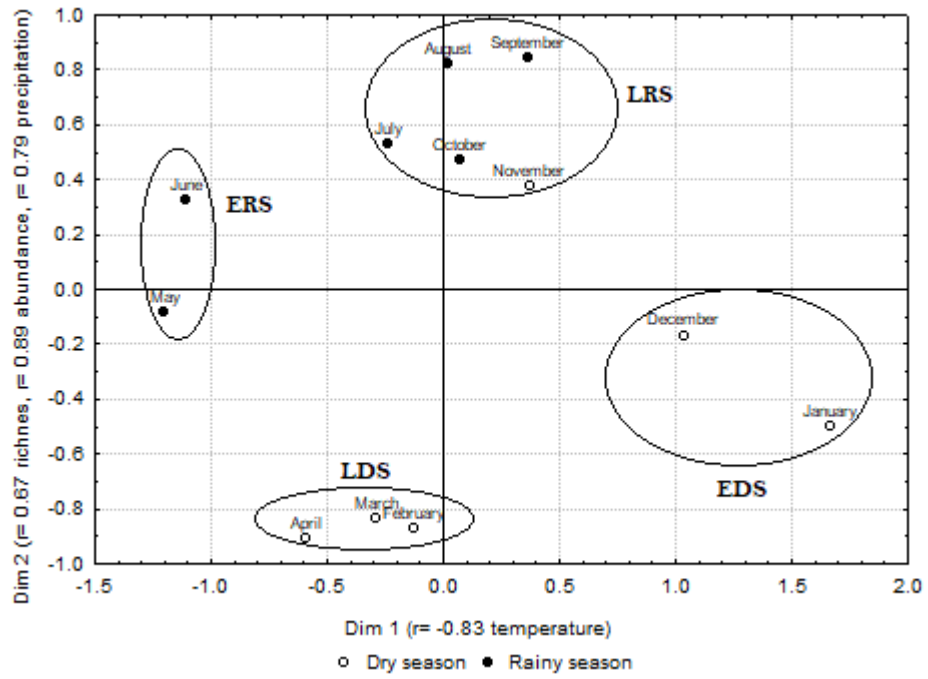
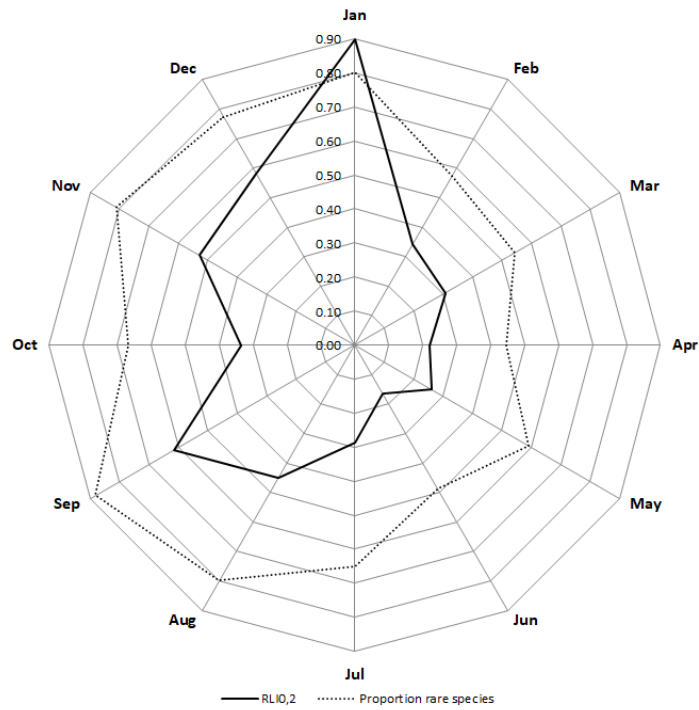


Figure 3.

A)



B)



**Table 1.** Values of diversities, abundance, sample coverage of Cerambycidae, the environmental variables temperature and precipitation (sd = standard deviation) and months per seasonal subgroup in San Andrés de la Cal.

<b>Seasonal subgroup</b>	<b>Mont</b>	<b><sup>0</sup>D</b>	<b><sup>1</sup>D</b>	<b><sup>2</sup>D</b>	<b>Abundance</b>	<b><math>\hat{C}_m</math></b>	<b>Temperature (±sd)</b>	<b>Precipitation (±sd)</b>
Late dry	Feb	12	6.8	5.1	80	95.06	22± 2.3	61.5± 4.9
	Mar	13	8.1	5.9	42	83.56	23±.5 2.2	46.5± 2
	Apr	15	11.1	8.3	38	84.89	23.5± 2.3	98.5± 3.4
Early rainy	May	31	19.7	12.7	86	80.34	21.8± 2.7	187.1± 5.5
	Jun	61	44.7	31.2	129	75.40	20.5± 2.4	528.8± 14.6
Late rainy	Jul	39	22.4	13.7	219	95.46	20.5± 1.8	480.5± 13.6
	Aug	35	13.3	7.0	182	90.13	20± 1.6	524.1± 14.5
	Sep	32	8.5	3.8	245	94.71	20± 1.7	513.1± 15
	Oct	27	14.9	9.0	211	98.60	19.7± 1.7	250.7± 9.8
	Nov	23	8.5	4.4	122	90.20	19.2± 2.3	68.5± 3.2
Early dry	Dec	13	4.9	2.9	126	96.85	19.6± 1.8	67.9± 1.3
	Jan	6	1.5	1.2	90	95.59	20.5± 2.1	63.3± 3.4

### Capítulo 3

## **Efecto de la heterogeneidad del hábitat en la comunidad de Cerambycidae (Coleoptera) en un bosque tropical caducifolio al norte de Morelos, México.**

**José Guadalupe Martínez-Hernández<sup>1</sup>, Angélica María Corona-López<sup>1</sup> Alejandro  
Flores-Palacios<sup>1</sup> Matthias Rös<sup>2</sup> and Víctor Hugo Toledo-Hernández<sup>1\*</sup>**

*<sup>1</sup>Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIByC), Universidad  
Autónoma del Estado de Morelos, Morelos, México. <sup>2</sup>CONACYT, Centro Interdisciplinario  
de Investigación para el desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Instituto Politécnico  
Nacional. Oaxaca, México.*

Running title: Habitat heterogeneity of Cerambycidae

For correspondence. E-mail [victor.toledo@uaem.mx](mailto:victor.toledo@uaem.mx)

### **RESUMEN**

## INTRODUCCIÓN

A medida que las predicciones de la pérdida de la biodiversidad mundial se cumplen y la homogenización biótica aumenta, la identificación de los factores que modelan la biodiversidad se ha convertido en un tema de suma importancia (Shi *et al.*, 2010; Olden *et al.*, 2018), la búsqueda de los factores o combinaciones de ellos que predicen o están relacionados con la variación espacial y temporal de la riqueza de especies, se enfoca en las hipótesis de heterogeneidad de hábitat y disturbio intermedio, las cuales afirman que hábitats altamente heterogéneos o estructuralmente complejos pueden soportar un mayor número de especies e interacciones entre ellas (Tews *et al.*, 2004; Franc *et al.*, 2007; Li *et al.*; 2017).

Una de las mayores causas que dificulta el avance en el conocimiento de este efecto es el hecho de que no todos los organismos responden de igual manera a la heterogeneidad (Lassau y Houchuli, 2005). La respuesta de los diferentes grupos de organismos a la heterogeneidad de hábitat depende de los factores que determinan dicha heterogeneidad y como se correlacionan con la distribución, demografía y estacionalidad del taxón de interés (Santibáñez-Andrade, 2009). Se reconoce que un alto grado de complejidad del bosque influye positivamente en la diversidad faunística (Lassau y Hochuli, 2005), ya que la complejidad del hábitat aumenta el número de recursos ambientales (Bazzaz, 1975).

En los ecosistemas forestales la cubierta vegetal determina la estructura física del ambiente y la modificación de esta, tiene diferentes efectos sobre la estructura del bosque y por consiguiente sobre la diversidad y endemismos que sustenta, este efecto depende de diferentes factores bióticos (clima, características fisicoquímicas del suelo) y abióticas (historia de uso, tiempo de abandono, Scherber *et al.*, 2014; Komonen *et al.*, 2015), en general la transformación de la vegetación se asocia con un efecto adverso sobre la diversidad (homogenización de hábitat) por la pérdida de especies (Rendón-Carmona *et al.*, 2009; Olden *et al.*, 2018) sin embargo, los diferentes tipos y grados de perturbación pueden favorecer la aparición de comunidades biológicas únicas, en las cuales coexisten un mayor número de especies de flora y fauna con características y necesidades diferentes, incrementando la heterogeneidad de hábitat (complejidad estructural) y maximizando la diversidad (Lebrija-Trejo y Bongers, 2008; Li *et al.*, 2017).

Se ha encontrado que para los insectos de hábitos saproxilófagos existe una correlación entre el grado de heterogeneidad ambiental y su diversidad, ya que presentan un nicho estrecho (planta hospedera – microhábitat Müller *et al.*, 2015; Li *et al.*, 2017). Lo anterior se ha estudiado en bosques templados tomando en cuenta diferentes variables (conectividad de la vegetación, volumen y estado de la madera muerta, diversidad y área basal de árboles, Grove, 2002a; Sobek *et al.*, 2009a; Bouget *et al.*, 2013) y se ha puesto poca atención en los bosques tropicales, donde los insectos son particularmente diversos (Li *et al.*, 2017) y alrededor del 25 % de sus especies dependen en diferentes etapas de su desarrollo de la madera muerta (Müller *et al.*, 2015).

El bosque tropical caducifolio (BTC) representa más del 42 % de los bosques tropicales y el 19 % de la superficie forestal del mundo, en México cubre alrededor del 3.4 % de su territorio (66,492 Km<sup>2</sup>, Challenger y Soberón, 2008), es un bosque estacional, que se desarrolla en una amplia gama de condiciones climáticas y geomorfológicas, esto promueve que esta vegetación, presente una alta heterogeneidad a lo largo de su distribución (Lott *et al.*, 2010; Trejo, 2010) y por consiguiente sea considerada entre los ecosistemas más diversos y con un alto grado de endemismos de flora y fauna (Suazo-Ortuño *et al.*, 2008). Además, es considerado uno de los ecosistemas más transfigurados por los disturbios causados por los cambios de uso de suelo para actividades productivas (tala, ganadería y agricultura, Miles *et al.*, 2006; Trejo y Dirzo, 2000, 2002; Lebrija-Trejo y Bongers, 2008).

Los estudios de insectos en el BTC se han enfocado principalmente en la elaboración de listados faunísticos de algunos grupos y descripciones de nuevas especies, nuestro trabajo representa la primera aproximación en el conocimiento del efecto de la heterogeneidad del BTC en la diversidad de insectos saproxilófagos. Para este propósito, nuestro grupo de estudio es la familia Cerambycidae ya que no sólo tiene relevancia por su alta diversidad, sino también por las funciones ecológicas que desempeñan, en especial en la degradación de la materia vegetal (Hovore, 2006). Las especies de esta familia, han desarrollado durante su historia evolutiva una estrecha relación con sus plantas huésped y la extinción de éstas puede llevar a la desaparición de su fauna obligada, modificando las interacciones tróficas (Hovore, 2006;), para esta familia se ha analizado la relación de sus



comunidades con la heterogeneidad de hábitat evaluando su especificidad de hospedero en bosques húmedos en diferentes grados de sucesión y en una variedad de usos agropastoriles (Li et al., 2017; Meng *et al.*, 2013).

Analizamos la relación de la comunidad de la familia Cerambycidae con la heterogeneidad de hábitat en un BTC en la región centro-sur de México, específicamente en tres sitios al norte del estado de Morelos, esperando encontrar una correlación entre la heterogeneidad espacial del hábitat con la composición y estructura de las comunidades de Cerambycidae. Hipotetizamos que la familia Cerambycidae presentaría diferencias en sus comunidades con base en la heterogeneidad de hábitat de cada sitio. Para este fin, se caracterizaron las comunidades de esta familia de coleópteros y se determinó la heterogeneidad del bosque (riqueza, abundancia, diversidad, altura, DAP, área basal acumulada de las plantas leñosas, la cobertura del dosel además y la cantidad y calidad de la madera muerta) de cada sitio de muestreo en el área de estudio.

## METODOS

### ÁREA DE ESTUDIO

El trabajo se desarrolló en el BTC del ejido de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos (99°06'50.2" N, 18°57'22.2" W; Figura 1). Este BTC forma parte del Parque Nacional "El Tepozteco" (CONANP, 2008; INEGI, 2015). Presenta una topografía accidentada, un gradiente altitudinal de 1300 - 1770 m s.n.m.; el clima es semicálido, con una temperatura media anual de 20°C, lluvias en verano e invierno (mayo–octubre) y una precipitación media anual de 1200 mm. El BTC en la zona está integrado por al menos 85 especies de plantas leñosas; las especies dominantes son *Sapium macrocarpum* Müll. Arg. (Euphorbiaceae), *Bursera fagaroides* (Kunth) Engl., *B. glabrifolia* (Kunt) Engl. (Burseraceae), *Conzattia multiflora* (B. L. Rob.) Standl. (Fabaceae), *Ipomoea pauciflora* M. Martens y Galeotti (Convolvulaceae) y *Quercus obtusata* Bonpl. (Fagaceae) (Vergara-Torres *et al.*, 2010; Cortés-Anzúres *et al.*, 2017).

Dentro del ejido de San Andrés de la Cal se seleccionaron tres sitios específicos (Cerro de la Cal, Cerro de la Cruz y Derrame de Lava; Figura 1), de los cuales se conoce que tienen características geomorfológicas particulares, lo que genera una diferenciación en la composición de las especies de plantas leñosas que presentan.

El Cerro de la Cruz tiene una orientación este-oeste, su altitud va de los 1510 a los 1760 m s.n.m., para este sitio se tienen registro de 43 especies de plantas leñosas, de las cuales 13 sólo han sido observadas en este sitio.

El Cerro de la Cal tiene una orientación norte-sur, su altitud va de los 1370 a los 1770 m s.n.m., para este sitio se tienen registro de 40 especies de plantas leñosas, de las cuales ocho sólo han sido observadas en este sitio.

El Derrame de Lava tiene una orientación norte-sur, su altitud va de los 1460 a los 1490 m s.n.m., para este sitio se tienen registro de 50 especies de plantas leñosas, de las cuales 24 sólo han sido observadas en este sitio.

## **METODOS DE COLECTA**

### **Muestreo de Cerambycidae**

Las recolectas se desarrollaron cada mes durante seis días, coincidiendo con los periodos de luna nueva de febrero 2015 a enero 2016, se realizaron recolectas diurnas y nocturnas. Las recolectas diurnas (10:00 - 15:00 h) se llevaron a cabo por cuatro personas, quienes realizaron recorridos *ad libitum* buscando individuos de forma directa en flores, ramas y troncos caídos, además de golpear la vegetación con una red entomológica. El esfuerzo de muestreo diurno fue de 1440 horas (4 personas  $\times$  5 h  $\times$  6 días  $\times$  12 meses).

En las recolectas nocturnas (cuatro horas por noche, el periodo varió con respecto a la puesta del sol) se utilizó una trampa de luz tipo pantalla, que consiste en dos lámparas de vapor de mercurio de 175 watts. Con el fin de aumentar la representatividad del muestreo, la trampa de luz se colocó en un lugar diferente cada noche, pero cada mes se usaron siempre los mismos lugares. El esfuerzo de muestreo nocturno fue de 288 h. durante todo el muestreo (1 trampa  $\times$  4 h  $\times$  6 noches  $\times$  12 meses). Se complementaron los métodos de recolecta utilizando trampas de intercepción (tipo ventana, de paneles cruzados y Malaise)

y trampas de atracción (colores). En cada sitio de muestreo se colocaron cuatro grupos de trampas separados entre sí por 100 m, cada grupo estuvo conformado por una trampa de cada tipo separadas entre ellas por 25 metros.

El material recolectado se conservó en seco con alfileres entomológicos y se depositó en la Colección de Insectos de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (CIUM), resguardada en el Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIβγC), UAEM.

### **Cuantificación de la heterogeneidad**

El muestreo de vegetación se realizó durante la época de lluvias del 2016, se utilizaron tres cuadrantes de 50 × 10 m (500 m<sup>2</sup>) por sitio, distribuidos en las partes baja, media y alta de Cerro de la Cal y Cerro de la Cruz, para el Derrame de Lava los tres cuadrantes se distribuyeron del borde hacia el centro, dentro cada cuadrante se tomaron los datos de las plantas leñosas con un diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ 2.5 cm. Se calculó la cobertura del dosel con un densiometro cóncavo (modelo C), además se cuantificó la cantidad (m<sup>3</sup>) y calidad de madera muerta (grado de putrefacción), utilizando los criterios de la clasificación para combustibles forestales de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2011). El material botánico se llevó al herbario de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (HUMO) para su identificación.

Para cuantificar la heterogeneidad de hábitat de los tres sitios de recolecta se utilizaron la riqueza, abundancia, diversidad, altura, DAP, área basal acumulada de las plantas leñosas, la cobertura del dosel y la cantidad y calidad de la madera muerta (Lassau et al., 2005; Lassau y Hochuli, 2005; Sobek *et al.*, 2009a, 2009b; Bouget *et al.*, 2013). Para determinar si la dispersión relativa de las variables tiene un efecto sobre la comunidad de cerambícidos, también se utilizaron los coeficientes de variación de la altura, DAP, área basal además de la cantidad y calidad de la madera muerta.

### **ANALISIS DE DATOS**

Se evaluó la eficiencia del muestreo en el área de estudio (San Andrés de la Cal) y cada sitio de recolecta (Cerro de la Cal, Cerro de la Cruz y Derrame de Lava) por medio de la

cobertura de muestreo de los datos ( $\hat{C}_m$ ), la cobertura de la muestra mide que tan completo está un inventario en términos de las abundancias observadas y permite extrapolar la riqueza esperada con base en el estimador Chao 1 (Chao y Jost, 2012). También se utilizaron curvas de dominancia diversidad que permiten evaluar de forma visual la estructura de la comunidad.

Los valores de diversidad para toda el área y para cada sitio se calcularon utilizando las medidas de diversidad verdadera ( ${}^qD$ , Jost, 2006, 2007). Estas diversidades se calcularon para los niveles alfa y beta para tres órdenes diferentes de  $q$  (0, 1, 2). El orden  $q$  indica la sensibilidad de la medida de diversidad a la abundancia de las especies (especies comunes y raras), cuando  $q$  es igual a cero ignora la abundancia de las especies,  ${}^0D$  es igual a la riqueza de especies. Cuando  $q$  es igual a 1 da un peso a las especies proporcional a sus abundancias,  ${}^1D$  es igual al exponencial del índice de Shannon. Cuando  $q$  es igual a 2, favorece a las especies con mayor abundancia,  ${}^2D$  es equivalente al inverso del índice de dominancia de Simpson (Jost, 2006). Para medir la equitatividad se calcularon la proporción de especies raras (1-EF<sub>0.2</sub>) y la desigualdad logarítmica relativa (RLI<sub>0.2</sub>, Jost, 2010). Las diversidades verdaderas y las coberturas de muestreo se calcularon utilizando el programa estadístico R (versión 3.3.2) con el paquete Entropart (Marcon y Hérault, 2015).

Para entender si la heterogeneidad de hábitat genera diferencias en la composición de comunidad de cerambícidos entre sitios, se realizó un análisis de escalamiento multidimensional (NMDS; Dunn y Everitt, 2004). Para este análisis se construyó una matriz con los valores pareados del índice de similitud de Jaccard, entre sitios de muestreo (Material suplementario), este índice de similitud está directamente relacionados con los valores de diversidad del orden 0 de  $q$ . Éste se calculó utilizando la ecuación para la similitud composicional entre comunidades (Jost, 2006, 2007). Para interpretar la ordenación de los puntos de muestreo de cada sitio se buscaron patrones de agrupamiento y se correlacionaron los valores de las dimensiones con las variables de heterogeneidad de hábitat (riqueza, abundancia, diversidad, altura, cobertura del dosel, el área basal de las plantas leñosas además de la cantidad y calidad de la madera muerta).

Para analizar si existe un efecto de las variables de heterogeneidad de hábitat de cada sitio de recolecta, así como de las variables ambientales sobre la comunidad de

Cerambycidae, se utilizó un análisis de componentes principales, para realizar este análisis se construyó una matriz de correlaciones entre las variables, esto con el objetivo de evitar que la variabilidad esté dominada por las variables con mayores magnitudes; de forma que los primeros componentes puedan mostrar diferencias ocasionadas por la escala o las unidades con las que se cuantifican las variables (Villardón, 2002).

Para los análisis antes mencionados, sólo se utilizaron las especies recolectadas con los métodos de red aérea y trampa de luz, los obtenidos con los métodos pasivos (trampas de intercepción y atracción) no fueron incluidos.

## **RESULTADOS**

En total para San Andrés de la Cal se registraron 134 especies de Cerambycidae pertenecientes a 73 géneros, 33 tribus y cuatro subfamilias. De las 134 especies, 105 fueron determinadas a nivel específico, mientras que las 29 restantes se determinaron a nivel de tribu (12) o género (17). Del total de especies, sólo ocho fueron obtenidas por medio de los métodos pasivos, cuatro en el Cerro de la Cal, tres en el Cerro de la Cruz y una en el Derrame de Lava.

En los tres sitios la riqueza analizada de cerambícidos fue diferente. El Cerro de la Cruz fue el sitio más rico en los niveles de especies, géneros y tribus. La riqueza por subfamilia (Tabla 1) presentó el mismo patrón en los tres sitios estudiados, y en general para San Andrés de la Cal, donde Lamiinae registró el 53 % de las especies seguida de Cerambycinae con el 46 % y Prionine con menos del 1 %, mientras que Lepturinae sólo se encontró en un solo sitio (Derrame de Lava).

Se registraron 1,581 individuos, el 50 % de estos fueron recolectados en el Cerro de la Cruz, el 32 % en el Derrame de Lava y el 18 % en el Cerro de la Cal. Las subfamilias Cerambycinae y Lamiinae fueron las más dominantes presentando el 58 % y el 41 % de los individuos respectivamente, mientras que Prioninae y Lepturinae presentaron el 1 % (Tabla 1).

La comunidad de cerambícidos de San Andrés de la Cal y de cada sitio presentan una clara dominancia en los diferentes niveles taxonómicos; para el área de estudio en

general las tribus más abundantes fueron Trachyderini, Acanthocinini y Phytoeiini, representando el 63 % del total de individuos; los géneros *Tylosis*, *Sphaenothecus*, *Lagocheirus* y *Mecas* en conjunto representan el 48 % de los individuos, y las especies *Tylosis puncticollis* Bates, *Sphaenothecus trilineatus* Dupont, *Mecas oberoides* Bates, *Lagocheirus araneiformis ypsilon* (Voet) y *Lagocheirus obsoletus obsoletus* Thomson representan el 46 % de los individuos (Apendice).

Las gráficas de dominancia/diversidad de los tres sitios mostraron un patrón similar, con pocas especies abundantes y un gran número de especies con pocos individuos (Figura 2). Por sitio de muestreo la distribución de las especies por su número de individuos fue la siguiente; en el Cerro de la Cal *S. trilineatus* con 70 y *T. puncticollis* con 49. De las 58 especies restantes, tres (5 %) presentaron entre 10 - 48 individuos y 55 (91 %) presentan entre 1 - 9 individuos, en el Cerro de la Cruz: *T. puncticollis* con 179, *L. araneiformis ypsilon* con 61, *L. obsoletus obsoletus* con 60. De las 97 especies restantes, 14 (14 %) presentaron entre 10 - 59 individuos, y 83 (83 %) presentan entre 1 - 9 individuos y en el Derrame de Lava: *T. puncticollis* con 110, *M. oberoides* con 82 y *S. trilineatus* con 77. De las 66 especies restantes, 2 (3 %) presentaron entre 10 - 76 individuos y 64 (93 %) presentan entre 1 - 9 individuos.

El valor de cobertura de muestra para toda el área de muestreo fue de 97 %, entre sitios varió, 89 % para el Cerro de la Cal, 95 % para el Derrame de Lava y el Cerro de la Cruz, lo que sugiere que las especies de cerambícidos que no fueron registradas en cada uno de los tres sitios durante el muestreo representan entre el 5 – 11 % del total de los individuos, el estimador Chao 1 apunta a que el porcentaje de especies que no fueron recolectadas para cada sitio representa entre el 19 – 59 % (Tabla 2), sin embargo, para toda el área de estudio este porcentaje es de 31 %.

De acuerdo con los valores de diversidad ( ${}^0D_\alpha$ ,  ${}^1D_\alpha$  y  ${}^2D_\alpha$ ), el sitio más diverso fue el Cerro de la Cruz mostrando una diferenciación del Cerro de la Cal y el Derrame de Lava en los tres órdenes de diversidad, los sitios Cerro de la Cal y el Derrame de Lava presentan valores similares para los tres niveles de  $q$  (Figura 3). Los tres sitios presentan valores muy cercanos de la proporción de especies raras (1-EF<sub>0,2</sub>) y la desigualdad logarítmica relativa (RLI<sub>0,2</sub>, Tabla 2).

De las 134 especies, 33 (25 %) se comparten entre los tres sitios de muestreo, 29 (22 %) en dos sitios, y 72 (53 %) se encontraron restringidas a un sitio, de estas últimas, 15 especies (11 %) fueron recolectadas en el Derrame de Lava, 15 especies (11 %) en el Cerro de la Cal y 42 especies (31 %) en el Cerro de la Cruz.

Al calcular la diversidad beta de cerambícidos entre pares de sitios, encontramos que los valores más altos se obtuvieron de la comparación del Cerro de la Cruz y el Cerro de la Cal (Tabla 3). Para toda el área de estudio se encontraron valores de 1.75, 1.36 y 1.25 comunidades equivalentes para  ${}^0D_{\beta}$ ,  ${}^1D_{\beta}$  y  ${}^2D_{\beta}$ , respectivamente.

En los tres sitios de muestreo se recolectaron 51 especies de 35 géneros y 26 familias de plantas leñosas. De éstas sólo seis especies (12 %) se encontraron en los tres sitios, 15 (29 %) en dos sitios y 30 (59 %) en uno, de estas especies únicas, ocho (27 %) se encontraron en el Cerro de la Cal, 10 (33%) en el Derrame de Lava y 12 (40 %) en el Cerro de la Cruz.

Para toda el área de estudio la diversidad beta ( ${}^0D_{\beta}$ ,  ${}^1D_{\beta}$  y  ${}^2D_{\beta}$ ) de plantas fue 1.9, 1.88 y 1.86 comunidades equivalentes y entre pares de sitios los valores más altos se obtuvieron de la comparación del Cerro de la Cruz y el Derrame de Lava (Tabla 3).

Los tres sitios de muestreo exponen diferencias en las variables de heterogeneidad de hábitat (Tabla 4). Al realizar la matriz de correlación de las variables de heterogeneidad de hábitat con la riqueza, abundancia y diversidad de cerambícidos ( ${}^0D_{\alpha}$ ,  ${}^1D_{\alpha}$  y  ${}^2D_{\alpha}$ ) de cada sitio de muestreo, se encontraron correlaciones positivas entre la riqueza de cerambícidos y el área basal, entre  ${}^0D_{\alpha}$ ,  ${}^1D_{\alpha}$  de cerambícidos con la abundancia de plantas leñosas y el área basal, además de una correlación negativa entre la abundancia de cerambícidos y la cobertura del dosel.

El análisis de escalamiento multidimensional (NMDS), obtenido con los valores del índice de Jaccard (estrés = 0.13), mostró una ordenación relacionada con la riqueza, abundancia de cerambícidos y los coeficientes de variación de la calidad y del volumen de madera muerta (Figura 4).

El análisis de componentes principales generó nueve factores para explicar el total de la varianza, sin embargo los primeros dos explican el 96 % de la variación (Tabla 5). El primer factor compone un arreglo de los puntos de cada sitio de muestreo principalmente en función de la riqueza, abundancia y diversidad de los órdenes  $^1D_\alpha$  y  $^2D_\alpha$  de Cerambycidae y la diversidad del orden  $^1D_\alpha$  y el área basal de las plantas leñosas, mientras que el segundo factor por la abundancia y la diversidad del orden  $^2D_\alpha$  de Cerambycidae y la abundancia y el DAP acumulado de las plantas leñosas (Figura 5).

## DISCUSIÓN

Nuestros resultados muestran que existe una clara diferencia entre las comunidades de cerambícidos de cada sitio de muestreo, al compararlas estas presentan diferencias en su riqueza, abundancia y diversidad (alfa) y estas diferencias no se atribuyen a un submuestreo, ya que de acuerdo a la cobertura de muestra se logró una alta representatividad en cada sitio. Los datos muestran que existe una relación entre la heterogeneidad de hábitat con las diferencias en la composición y estructura de las comunidades de Cerambycidae, sin embargo, resalta que no todas las variables de heterogeneidad tomadas en este trabajo mostraron un efecto sobre nuestro grupo en estudio.

En este caso, las variables con un efecto positivo de acuerdo con el análisis de correlación sobre nuestro grupo de interés fueron: la abundancia y  $^1D_\alpha$  de las plantas leñosas con la diversidad del orden  $^1D_\alpha$  y  $^2D_\alpha$  de cerambícidos, el área basal acumulada de las plantas leñosas con los tres niveles de diversidad ( $^0D_\alpha$ ,  $^1D_\alpha$  y  $^2D_\alpha$ ) de cerambícidos, el coeficiente de variación del área basal con la diversidad del orden  $^1D_\alpha$  de cerambícidos y una relación negativa de la cobertura del dosel con la abundancia de cerambícidos, los coeficientes de variación de la cantidad (volumen) y calidad de la madera muerta se relacionan con la riqueza y abundancia de cerambícidos. De acuerdo con la ordenación del NMDS (FIG. 4) se distingue la diferenciación entre los sitios de muestreo, esta diferenciación deja ver el efecto de las variables de la heterogeneidad de hábitat sobre la estructura de la comunidad de cerambícidos.

Al igual que en este trabajo, estas variables han sido reportadas de manera independiente como elementos que afectan los atributos de las comunidades de diferentes



grupos de insectos. Para las avispas del bosque de arenisca de Sidney o las hormigas y carábidos de la vegetación boreal media de Finlandia se ha reportado un efecto positivo del porcentaje de la cobertura del dosel (arbóreo, arbustivo y herbáceo) sobre su riqueza y abundancia (Lassau y Houchuli, 2004; Komonen *et al.*, 2015), para los heterópteros del bosque caducifolio del Parque Nacional Hainich en Alemania Central, encontraron que hay una relación positiva entre el aumento de la diversidad (índice de Shannon) de árboles con la diversidad gamma de este grupo de hemípteros (Sobek *et al.*, 2009b), mientras que para los dípteros de la misma área la diversidad de árboles no presentó una relación significativa, estos trabajos ponen de manifiesto las relaciones particulares que existen entre la heterogeneidad del hábitat y las necesidades específicas del taxón en estudio.

Para los insectos de hábitos saproxilófagos de los bosques templados de Suecia (Franc *et al.*, 2007), Corea (Lee *et al.*, 2014) y Alemania (Müller *et al.*, 2015) se reconoce que los atributos asociados a la madera muerta, la cobertura del dosel, el área basal, la riqueza y la abundancia de plantas leñosas como las variables del hábitat con un mayor efecto sobre sus comunidades; para el caso particular de los cerambícidos de siete bosques de robles y hayas protegidos de Francia (Bouget *et al.*, 2013) y el bosque tropical húmedo del parque nacional el corcovado de Costa Rica (Li *et al.*, 2017) se reportan a él volumen y la calidad de la madera muerta con un efecto positivo sobre su riqueza de especies y la cobertura del dosel con un efecto negativo sobre su abundancia, estos resultados concuerdan con los encontrados en este trabajo.

La importancia de la madera muerta en las comunidades de insectos saproxilofagos de los que son una parte significativa los cerambícidos, recae en que es un componente básico en la estructura, funcionamiento y producción de los ecosistemas, un recurso espaciotemporal impredecible que representa un hábitat y lugar de cría para un gran número de organismos (Macleán *et al.*, 2015; Ramírez-Hernández *et al.*, 2019), la abundancia de la madera muerta en un bosque depende del equilibrio de sus tasas de entrada y salida (crecimiento y decadencia de leñosas) y su dinámica natural de disturbio (Grove, 2002b).

Tomando en cuenta la similitud de los resultados de este trabajo con los realizados, para los insectos de hábitos saproxilófagos en general o los cerambícidos en bosques

templados, además de las obvias diferencias entre los tipos de vegetación, podemos hipotetizar que el efecto de la heterogeneidad de hábitat sobre las comunidades de cerambícidos que albergan, podría ser efecto del grado de conservación o sucesión de la vegetación, esto con base en que se sabe que las variables de heterogeneidad con un efecto sobre la composición y estructura de las comunidades de Cerambycidae, encontradas en este trabajo, cambian en consecuencia del grado de conservación de la vegetación (Meng *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2017).

Los bosques maduros o conservados difieren en su estructura y composición de bosques sucesionales o perturbados, esto porque los bosques maduros han llegado a un estado de equilibrio entre las especies de plantas leñosas que presentan, sus niveles de biomasa y productividad primaria (Denlow y Guzmán, 2000), mientras que los bosques sucesionales presentan una transformación constante en sus especies de plantas leñosas (especies pioneras de vida corta – pioneras longevas – especies longevas de alta resistencia, Liebch, 2008), esto ha sido reportado como causa de las diferencias en la fauna de cerambícidos encontrados en ellos, ya que la fauna local está adaptada a las características y al régimen de disturbio natural de la vegetación (Grove, 2002b), en específico por los cambios en el número de especies e individuos de leñosas, el área basal, la altura de la vegetación, la cobertura del dosel, la cantidad de madera muerta y la presencia de especies alóctonas (La Mantia, 2010; Meng *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2017).

En este trabajo las diferencias de las comunidades de cerambícidos entre los sitios de muestreo podría deberse a una diferencia en la edad o grado de sucesión de la vegetación entre los sitios de muestreo más que a la heterogeneidad propia del hábitat del BTC, cada sitio está bajo diferentes presiones antropogénicas; e.g. para el Cerro de la Cal (sitio menos diverso) existen registros históricos de la explotación de Cal y el corte selectivo de especies leñosas de no menos una hectárea de vegetación para el procesamiento de la Cal (Ruiz-Rivera, 2001), se ha demostrado que el corte selectivo además de ocasionar una reducción de la diversidad de plantas a un nivel local afecta la regeneración del BTC, al modificar los patrones de densidad, área basal, número de tallos y distribución de edades del bosque primario (Rendón-Carmona *et al.*, 2009).

Identificar los factores críticos o clave que dan forma y soporte a las comunidades de plantas y animales es difícil, ya que depende, además de las características del grupo taxonómico de interés y la resolución espacial (escala) a la que se observa la interacción de las especies con el hábitat (Tews *et al.*, 2004; Schooley, 2006). Dado que nuestros resultados y los encontrados en la literatura confirman que los organismos no se ubican aleatoriamente en el hábitat, sino que muestran una relación con las características de este; reconocer y asociar los elementos (variables) o asociaciones de estos con un efecto en los parámetros de sus comunidades con el estado de conservación, tipo o grado de perturbación o nivel de sucesión del hábitat, resultará más enriquecedor para la conservación de los insectos y la restauración de los ecosistemas (Shi *et al.*, 2010; Bouget *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2017; Müller *et al.*, 2015).

### **Agradecimientos**

Al equipo de trabajo de la Colección de Insectos de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (CIUM) que ayudaron durante el trabajo de campo. A Larry Bezark y Antonio Santos Silva por corroborar las determinaciones de cerambícidos. Esta investigación fue apoyada por una beca CONACYT para estudios de doctorado (428936) y constituye parte de la disertación doctoral de JGMH en el posgrado en Ciencias Naturales-UAEM.

### **LITERATURA CITADA**

- Bazzaz, F.A. (1975) Plant species diversity in old-field successional ecosystems in southern Illinois. *Ecology*, **56**, 485-488.
- Bouget, C., Larrieu, L., Nussillard, B. y Parmain, G. (2013) In search of the best local hábitat drivers for saproxylic beetle diversity in temperate deciduous forests. *Biodiversity and Conservation*, **22**, 2111-2130.
- Challenger, A., y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres, *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*, (ed. Koleff, P. y Sarukhán, J.) pp. 87-108. Conabio, México.
- Chao, A. y Jost, L. (2012) Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, **93**, 2533–2547.

- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2008) Anteproyecto Programa de Manejo: Parque Nacional el Tepozteco. En: <<http://www.conanp.gob.mx/anp/consulta/Anteproyecto16may08.pdf>> 20 septiembre 2017
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2011) Inventario Nacional Forestal y de uso de Suelo; Manual y Procedimientos para el Muestreo de Campo, re- muestreo 2011. En: [http://www.climateactionreserve.org/wp-content/uploads/2011/03/Sampling\\_Manual-\\_Remuestreo-\\_Conafor\\_INFyS.pdf](http://www.climateactionreserve.org/wp-content/uploads/2011/03/Sampling_Manual-_Remuestreo-_Conafor_INFyS.pdf)
- Cortés-Anzúres, B.O., Corona-López, A.M., Toledo-Hernández, V.H., Valencia Díaz, S. y Flores-Palacios, A. (2017) Branch mortality influences phorophyte quality for vascular epiphytes. *Botany*, **95**, 709–716.
- Franc, N., Götmark, F., Økland, B., Nordén, B., y Paltto, H. (2007) Factors and scales potentially important for saproxylic beetles in temperate mixed oak forest. *Biological Conservation*, **135**, 86-98.
- Dunn, G. y Everitt, B.S. (2004) An introduction to Mathematical Taxonomy. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Grove, S.J. (2002a) Tree basal area and dead wood as surrogate indicators of saproxylic insect faunal integrity: a case study from the Australian lowland tropics. *Ecological indicators*, **1**, 171-188.
- Grove, S.J. (2002b) Saproxylic Insect Ecology and the Sustainable Management of Forests. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **33**, 1-23.
- Hovore, F.T. (2006) The Cerambycidae (Coleoptera) of Guatemala. *Biodiversidad de Guatemala*. Guatemala, (ed. Cano, E.), pp. 363-378. Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) (2015) Mapa digital. En: <<http://gaia.inegi.org.mx/mdm6>> 20 septiembre 2017
- Jost, L. (2006) Entropy and Diversity. *Oikos*, **113**, 363-375.
- Jost, L. (2007) Partition diversity into independent alpha and beta components. *Ecology*, **88**, 2427-2439.
- Jost, L. (2010) The relation between evenness and diversity. *Diversity*. **2**, 207-232.

- Komonen, A., Övermark, E., Hytönen, J., y Halme, P. (2015) Tree species influences diversity of ground-dwelling insects in afforested fields. *Forest Ecology and Management*, **349**, 12-19.
- La Mantia, T., Bellavista, M., Giardina, G., y Sparacio, I. (2010) Longhorn beetles of the Ficuzza woods (W Sicily, Italy) and their relationship with plant diversity (Coleoptera, Cerambycidae). *Biodiversity Journal*, **1**, 15-44.
- Lassau, S.A. y Huochuli, D.F. (2005) Wasp community responses to habitat complexity in Sydney sandstone forest. *Austral Ecology*, **30**, 179-187.
- Lassau, S.A., Huochuli, D.F., Cassis, G. y Reid, C.A.M. (2005) Effects of habitat complexity on forest beetle diversity: do functional groups respond consistently? *Diversity and Distributions*, **11**, 73-82.
- Lebrija-Trejos, E., Bongers, F., Pérez-García, E.A., y Meave, J.A. (2008) Successional change and resilience of a very dry tropical deciduous forest following shifting agriculture. *Biotropica*, **40**, 422-431.
- Lee, C.J., Castillo, S. y Berkov, A. (2014). Stratification in French Guiana: Cerambycid beetles go up when rains come down. *Biotropica*, **46**, 302-311.
- Li, L., Aguilar, R., y Berkov, A. (2017) What shapes cerambycid beetle communities in a tropical forest mosaic? Assessing the effects of host tree identity, forest structure, and vertical stratification. *Biotropica*, **49**, 675-684.
- Liebsch, D., Marques, M.C., y Goldenberg, R. (2008) How long does the Atlantic Rain Forest take to recover after a disturbance? Changes in species composition and ecological features during secondary succession. *Biological Conservation*, **141**, 1717-1725.
- Lott, E.J. y Atkinson T.H. (2010) Diversidad florística, *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*, (ed. Ceballos, G., Martínez, L., Espinoza, E., Bezaury-Creel, J. y Dirzo, R.), pp. 63- 76. FCE-CONABIO-TELMEX-CONANP-WWF México-EcoCiencia SC.
- MacLean DA, Dracup E, Gandiaga F, Haughian SR, MacKay A, Nadeau P, et al. (2015) Experimental manipulation of habitat structures in intensively managed spruce plantations to increase their value for biodiversity conservation. *The Forestry Chronicle*. 91(2):161-75.
- Marcon, E. y Hérault, B. (2015) Entropart: an R package to measure and partition diversity. *Journal of Statistical Software*, **67**.

- Meng, L.Z., Martin, K., Weigler, A. y Yang X.D. (2013) Tree diversity mediates the distribution of longhorn beetles (Coleoptera: Cerambycidae) in a changing tropical landscape (Southern Yunnan, SW China). *PLoS ONE*, **8**, e75481.
- Miles, L., Newton, A.C., DeFries, R.S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., Kapos, V.J. y Gordon, E. (2006) A global overview of the conservation status of tropical dry forest. *Journal of Biogeography*, **33**, 491-505.
- Müller, J., Wende, B., Strobl, C., Eugster, M., Gallenberger, I., Floren, A., Steffan-Dewenter, I., Linsenmair, K.E., Weisser, W.W., y Gossner, M.M. (2015) Forest management and regional tree composition drive the host preference of saproxylic beetle communities. *Journal of Applied Ecology*, **52**, 753-762.
- Olden, J.D., Comte, L., y Giam, X. (2018) The Homogocene: a research prospectus for the study of biotic homogenisation. *NeoBiota*, **37**, 23.
- Ramírez-Hernández A, Martínez-Falcón AP, Micó E, Almendarez S, Reyes-Castillo P, Escobar F. (2019) Diversity and deadwood-based interaction networks of saproxylic beetles in remnants of riparian cloud forest. *PloS one* 14:e0214920
- Rendón-Carmona, H., Martínez-Yrizar, A., Balvanera, P., y Pérez-Salicrup, D. (2009) Selective cutting of woody species in a Mexican tropical dry forest: Incompatibility between use and conservation. *Forest Ecology and Management*, **257**, 567-579.
- Ruíz-Rivera, C.A. (2001) San Andrés de la Cal: Culto a Los Señores del Tiempo en Rituales Agrarios. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca.
- Santibáñez-Andrade, G., Castillo-Argüero, S., Zavala-Hurtado, J.A., Martínez-Orea Y. y Hernández-Apolinar, M. (2009) La heterogeneidad ambiental en un matorral xerófilo. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **85**, 71-79.
- Scherber, C., Vockenhuber, E.A., Stark, A., Meyer, H., y Tschardtke, T. (2014) Effects of tree and herb biodiversity on Diptera, a hyperdiverse insect order. *Oecologia*, **174**, 1387-1400.
- Shi, J., Ma, K., Wang, J., Zhao, J., y He, K. (2010) Vascular plant species richness on wetland remnants is determined by both area and habitat heterogeneity. *Biodiversity and Conservation*, **19**, 1279-1295.
- Schooley, R.L. (2006) Spatial Heterogeneity y Characteristic Scales of Species–Habitat Relationships. *BioScience*, **56**, 533.

- Sobek, S., Steffan-Dewenter, I., Scherber, C. y Tschardtke, T. (2009a) Spatiotemporal changes of beetle communities across a tree diversity gradient. *Diversity and Distributions*, **15**, 660-670.
- Sobek, S., Gobner, M.M., Scherber, C., Steffan-Dewenter, I. y Tschardtke, T. (2009b) Tree diversity drives abundance and spatiotemporal beta diversity of true bugs (Heteroptera). *Ecological Entomology*, **30**, 772-782.
- Suazo-Ortuño, I., Alvarado-Díaz, J. y Martínez-Ramos, M. (2008) Effects of conversion of dry tropical forest to agricultural mosaic on herpetofaunal assemblages. *Conservation Biology*, **22**, 362-374.
- Tews, J., Brose, U., Grimm, V., Tielborger, K., Wichmann, M.C., Schwager, M. y Jeltsch, F. (2004) Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of Keystone structures. *Journal of Biogeography*, **31**, 79-92.
- Trejo, I. (2005) Análisis de la diversidad de la selva baja caducifolia en México, *Sobre diversidad biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gama*, (ed. Hallfer, G., Soberon, J., Koleff, P. y Mellic, A.), pp. 111- 122. Monografías 3er milenio. Vol. (4). México.
- Trejo, I. (2010) Las selvas secas del pacífico Mexicano, *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*, (ed. Ceballos, G., Martínez, L., Espinoza, E., Bezaury-Creel, J. y Dirzo, R.), pp. 41- 52. FCE-CONABIO-TELMEX-CONANP-WWF México-EcoCiencia SC.
- Trejo, I. y Dirzo, R. (2000) Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation*, **94**, 133-142.
- Trejo, I y Dirzo, R. (2002) Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forest. *Biodiversity and Conservation*, **11**, 2063-2084.
- Valladares, F. (2008) *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Organismo Autónomo de Parques Naturales, Madrid, España: Ministerio de Medio Ambiente.
- Vergara-Torres, C.A., Pacheco-Álvarez, M.C. y Flores-Palacios, A. (2010) Host preference and host limitation of vascular epiphytes in a tropical dry forest of Central Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, **26**, 563-570.

## Tablas

**Tabla 1.** Número de individuos, especies, géneros y tribus por subfamilia para San Andrés de la cal y los tres sitios de muestreo.

Subfamilia		Derrame de Lava	Cerro de la Cal	Cerro de la Cruz	San Andrés de la Cal
<b>Prioninae</b>	Individuos	2	1	10	13
	Especies	1	1	1	1
	Géneros	1	1	1	1
	Individuos	2	1	10	13
<b>Lepturinae</b>	Individuos	1	0	0	1
	Especies	1	0	0	1
	Géneros	1	0	0	1
	Tribus	1	0	0	1
<b>Cerambycinae</b>	Individuos	263	186	405	854
	Especies	28	36	48	61
	Géneros	23	20	33	42
	Tribus	12	9	15	16
<b>Lamiinae</b>	Individuos	234	97	382	713
	Especies	39	33	51	71
	Géneros	22	22	29	37
	Tribus	10	11	15	16

**Tabla 2.** Valores de riqueza observada, unicatas, duplicatas cobertura de muestra, estimada proporción de especies raras y la desigualdad logarítmica relativa de cerambícidos para los tres sitios de muestreo en San Andrés de la Cal.



Sitio	S	Unicatas	Duplicatas	$\hat{C}_m$ (%)	Chao 1	S desconocida	1-EF <sub>0,2</sub>	RLI <sub>0,2</sub>
<b>D. Lava</b>	69	32	21	95	85	19 %	2.14	0.86
<b>C. Cal</b>	60	35	11	89	145	59 %	2.24	0.84
<b>C. Cruz</b>	100	48	27	95	134	25 %	2.31	0.86

**Tabla 3.** Valores de diversidad beta de Cerambycidae y plantas leñosas entre sitios de muestreo.

Sitios	Cerambycidae			Plantas leñosas		
	$^0D_\beta$	$^1D_\beta$	$^2D_\beta$	$^0D_\beta$	$^1D_\beta$	$^2D_\beta$
<b>Cerro Cruz – Cerro Cal</b>	1.48	1.27	1.27	1.52	1.43	1.42
<b>Cerro Cruz – Derrame de Lava</b>	1.40	1.25	1.20	1.62	1.62	1.59
<b>Cerro Cal – Derrame de Lava</b>	1.42	1.20	1.10	1.50	1.53	1.56

**Tabla 4.** Valores de las variables de heterogeneidad de hábitat: riqueza, abundancia, diversidad, altura promedio (m), área basal acumulada (m<sup>2</sup>) de plantas leñosas, cantidad (volumen, m<sup>3</sup>) y calidad de la madera muerta, cobertura del dosel (%) y coeficiente de variación (Cv) de altura, área basal acumulada, cantidad y calidad de la madera muerta y cobertura del dosel (%) por sitio de muestreo.

Sitio	Cerro de la Cal			Derrame de Lava			Cerro de la Cruz		
Punto	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<b>Abundancia</b>	39	69	40	45	63	69	60	43	45

<b>Plantas</b>									
<b>S Plantas</b>	13	17	14	14	16	17	15	12	19
<b><sup>1</sup>D Plantas</b>	7	10	9	7	9	10	10	9	14
<b><sup>2</sup>D Plantas</b>	4	7	7	4	7	6	7	7	12
<b>Área Basal</b>	8311	10402	21971	22368	8354	11577	29550	13026	49918
<b>DAP acumulado</b>	525.4	758.8	1573.2	657.4	664.8	755.1	1021.5	666.7	1077.8
<b>Altura</b>	4.8	5.1	3.4	6.4	6.0	5.4	4.2	3.4	5.1
<b>Calidad Madera</b>	3.3	3.2	3.0	3.3	3.1	3.4	3.1	3.2	3.2
<b>Volumen Madera</b>	0.4	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.1	0.0	0.2
<b>Cobertura dosel</b>	72.3	86.4	85.3	80.5	65.7	67.0	85.3	52.5	52.5
<b>Coefficiente de Variación Área Basal</b>	1.3	1.6	1.7	3.8	1.5	2.0	2.6	1.4	3.5
<b>Coefficiente de Variación Altura</b>	0.4	0.5	0.3	0.4	0.3	0.5	0.4	0.4	0.4
<b>Coefficiente de Variación DAP Acumulado</b>	0.7	0.8	0.7	1.4	0.7	0.9	1.1	0.8	1.2
<b>Coefficiente de Variación Calidad de Madera</b>	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.6	0.3	0.3	0.3

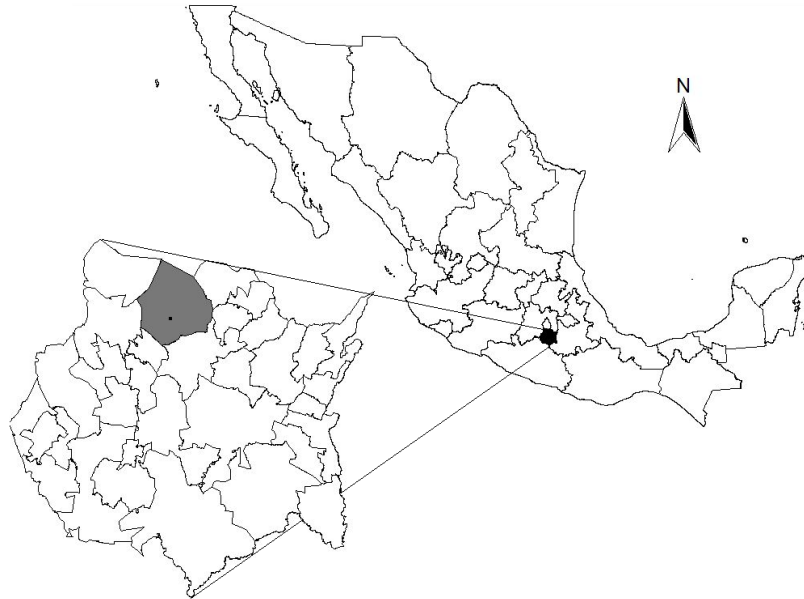
<b>Coefficiente de Variación Volumen de Madera</b>	0.4	0.2	0.3	2.1	5.1	4.5	2.9	1.2	3.7
<b>Coefficiente de Variación Cobertura del Dosel</b>	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	0.4	0.5	0.2

**Tabla 5.** Valores de correlación entre las variables de heterogeneidad y los factores del análisis de componentes principales.

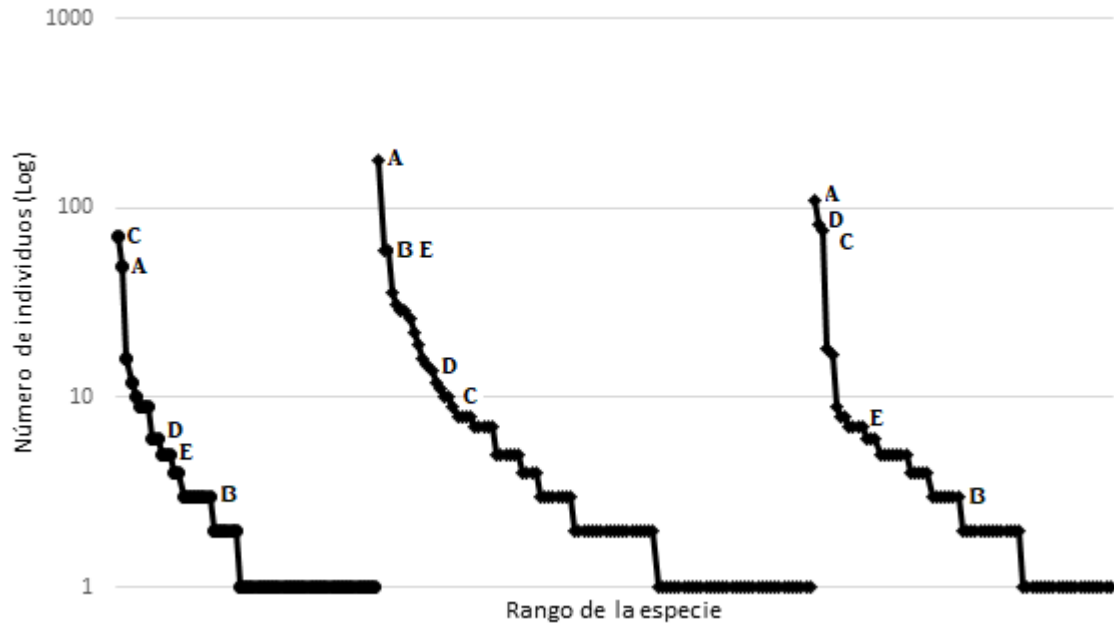
<b>Variable</b>	<b>Factor 1</b>	<b>Factor 2</b>	<b>Variable</b>	<b>Factor 1</b>	<b>Factor 2</b>
<b>S Cerambycidae</b>	-0.9428	-0.2926	<b>Cobertura del Dosel</b>	0.6311	0.2637
<b>Abundancia Cerambycidae</b>	-0.7775	-0.6068	<b>Calidad Madera</b>	0.0053	-0.1544
<b><sup>1</sup>D<sub>a</sub> Cerambycidae</b>	-0.9311	0.3130	<b>DAP Acumulado</b>	-0.1828	0.7519
<b><sup>2</sup>D<sub>a</sub> Cerambycidae</b>	-0.7959	0.5733	<b>Volumen Madera</b>	0.4179	0.3501
<b>S Plantas</b>	-0.3389	0.5682	<b>Coefficiente de Variación Volumen de Madera</b>	-0.2448	0.1283
<b>Abundancia Plantas</b>	-0.6638	0.4773	<b>Coefficiente de Variación DAP Acumulado</b>	-0.5317	0.0025
<b><sup>1</sup>D<sub>a</sub> Plantas</b>	-0.7484	0.3758	<b>Coefficiente de Variación Cobertura del Dosel</b>	0.0461	-0.2307

<b><math>^2D_\alpha</math> Plantas</b>	0.4222	0.1579	<b>Coeficiente de Variación Calidad de Madera</b>	0.3265	0.4159
<b>Altura</b>	-0.0134	-0.0922	<b>Coeficiente de Variación Altura</b>	0.2622	-0.1026
<b>Área Basal</b>	-0.8369	0.3883	<b>Coeficiente de Variación Área Basal</b>	-0.6117	0.1514

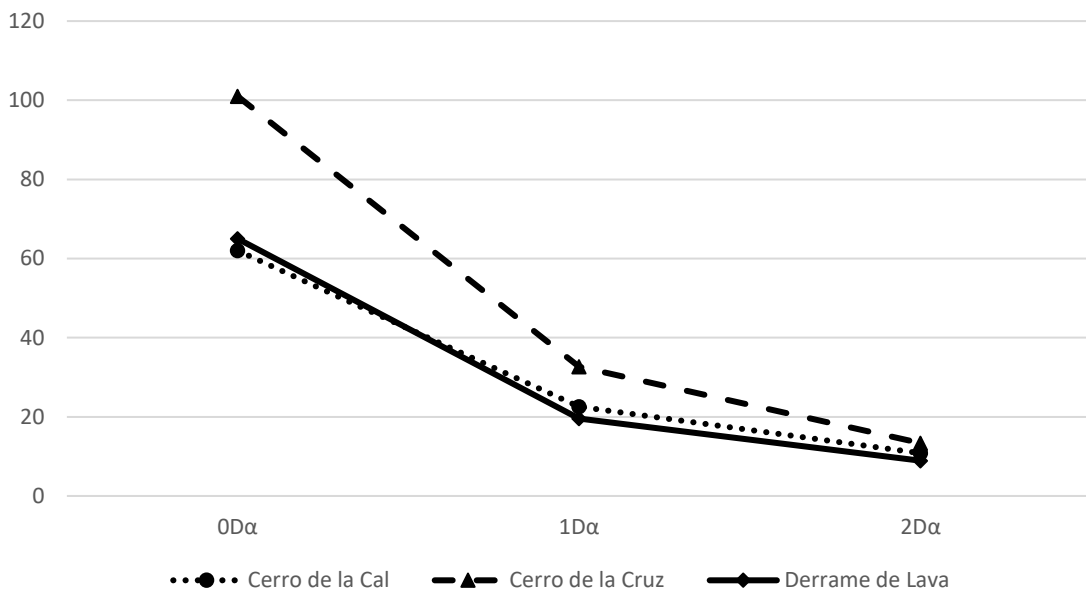
## Figuras



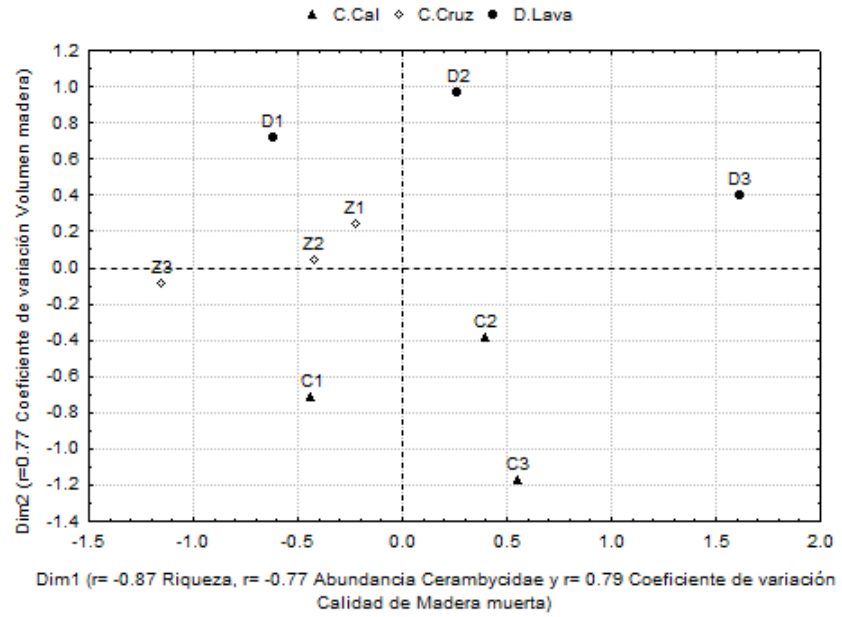
**Figura 1.** Ubicación de los sitios de muestreo (Cerro de la Cruz, Cerro de la Cal y Derrame de Lava) en el ejido de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos.



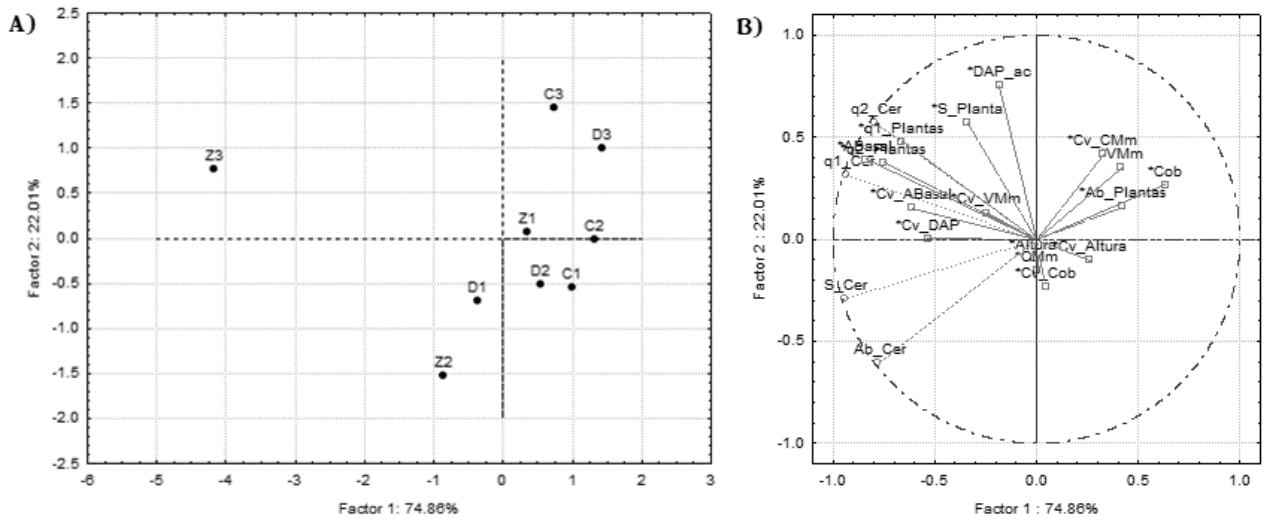
**Figura 2.** Gráfica de dominancia/diversidad de Cerro de la Cal (círculos), Derrame de Lava (rombos) y Cerro de la Cruz (triángulos); las letras (A-E) representan las cinco especies más abundantes: A) *T. puncticollis*, B) *L. araneiformis ypsilon*, C) *S. trilineatus*, D) *M. oberoides* y E) *L. obsoletus obsoletus*.



**Figura 3.** Perfiles de diversidad de los tres sitios de muestreo en San Andrés de la Cal.



**Figura 4.** Gráfica del escalamiento multidimensional de los valores de Jaccard entre los sitios de muestreo.



**Figura 5.** Gráficas del análisis de componentes principales, A) representación de los factores uno y dos, y B) círculo de correlaciones.

## Discusión y conclusión

La heterogeneidad espacial es una característica fácil de observar, sin embargo, es difícil de definir y medir con precisión (Li y Reynolds 1994). La heterogeneidad ha sido tradicionalmente entendida como la composición de partes de diferente clase en el ambiente, es decir, es considerada una expresión medible de la complejidad espacial y temporal de la vegetación sobre la totalidad de un área (Kolasa y Rollo 1991, Wiens, 1995).

Es así que se ha determinado la relación entre la diversidad y la complejidad de la vegetación para varios taxones (Tews, 2004). De esta manera se ha demostrado que dependiendo el grado de perturbación o fragmentación generado en el hábitat, se modifica no solo la estructura vegetal original, sino la heterogeneidad, la complejidad de hábitat y la diversidad biótica en su conjunto (August, 1983, Lawton *et al.*, 1998).

Este trabajo representa la primera aproximación a la relación de la comunidad de Cerambycidae con la heterogeneidad espacial y temporal de hábitat en el bosque tropical caducifolio (BTC) mexicano, en particular en el norte del estado de Morelos y en el parque nacional "El Tepozteco". De las especies determinadas a nivel de especie, 27 son registros nuevos para el estado de Morelos y una ha sido descrita como nueva especie para la ciencia (Toledo-Hernández *et al.*, 2016), estos nuevos registros aumentan la riqueza de especies del estado de Morelos de 291 (Martínez-Hernández, 2013) a 318 lo que representa el 19.8 % de la riqueza de la familia en México.

La estimación de riqueza de especies para el área de estudio indica que no se logró recolectar el 20 % de las especies, este porcentaje es similar a los presentados en los trabajos de Noguera *et al.* (2007, 2009, 2012), Rodríguez-Mirón (2009) y Toledo *et al.* (2002) que estiman el 29 %, 32 %, 27%, 50 % y 47 % de especies no registradas, respectivamente. El mayor porcentaje de especies recolectadas en este trabajo, es efecto de la utilización de métodos de recolecta directa (golpeo de vegetación) e indirecta (trampas Malaise, paneles cruzados, trampa de ventana y platos de colores) en este trabajo, lo que apoya la idea de que, es recomendable complementar la recolecta directa con la recolecta indirecta para aumentar la representatividad del muestreo (Hovore, 2006; Reyes-González, 2017).



Los resultados muestran que existe una clara diferenciación entre las comunidades estacionales y de cada sitio de muestreo del BTC de San Andrés de la Cal, estas diferencias no se atribuyen a un submuestreo ya que se logró una alta representatividad en cada sitio y estación, los datos señalan que existe una relación entre la heterogeneidad de hábitat espacial y temporal con las diferencias en la composición y estructura de las comunidades de Cerambycidae.

Las especies de Cerambycidae mostraron un marcado comportamiento estacional. Se observaron dos comunidades estacionales claramente diferenciadas (húmeda y seca), la estacionalidad de las comunidades de cerambícidos se ha reportado en los diferentes trabajos para esta familia en el BTC (Martínez-Hernández, 2013; Noguera *et al.*; 2007, 2009, 2012; Toledo *et al.*, 2002; Rodríguez-Mirón, 2009). Al comparar las comunidades estacionales encontramos que la mayor diferenciación entre las estaciones está en las especies que se encuentran en cada una, más que en la abundancia relativa de las especies o la dominancia de especies por estación. El análisis de escalamiento multidimensional exhibe una configuración correlacionada tanto con la precipitación como con la temperatura, generando una división de las estaciones húmeda y seca del BTC, en cuatro subgrupos estacionales (húmeda temprana, húmeda tardía, seca temprana y seca tardía) con diferencias en las especies presentes en cada subgrupo.

Se sabe que la estacionalidad afecta la estructura y la composición de las comunidades a través de los cambios temporales en la disponibilidad de recursos (García y Cabrera, 2008), esto se confirma, al menos para la familia Cerambycidae, en la plausible relación de los cuatro subgrupos estacionales reportados en este trabajo con procesos fenológicos del BTC en general: húmeda temprana con la foliación de plantas leñosas, húmeda tardía con la floración de herbáceas, seca temprana con la floración de plantas leñosas y seca tardía con la fructificación de plantas leñosas (Rathcke y Lacey, 1985), lo anterior es evidencia de que un cambio en los patrones fenológicos del BTC a consecuencia del cambio climático (reducción de la precipitación o el aumento en la temperatura) tendrá un efecto en la comunidad de cerambícidos, modificando los procesos naturales del BTC, particularmente el reciclaje de nutrientes debido a la degradación de la madera muerta.

El análisis de la relación de la heterogeneidad de hábitat con las comunidades de Cerambycidae de cada sitio de muestreo, mostro que existe una relación entre las variables; abundancia, diversidad del orden uno ( ${}^1D_\alpha$ ), el área basal acumulada de las plantas leñosas, la cobertura del dosel y los coeficientes de variación de la cantidad y calidad de la madera muerta con la riqueza ( ${}^0D_\alpha$ ), abundancia y los niveles de diversidad uno y dos ( ${}^1D_\alpha$  y  ${}^2D_\alpha$ ) de cerambícidos. Destaca, que no se encontró un efecto de la riqueza de especies de plantas leñosas en la comunidad de Cerambycidae, ya que esto, fue reportado por Martínez-Hernández (2013) para los cerambícidos de cuatro localidades del BTC de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH), las discordancia entre estos dos estudios podría deberse a la resolución espacial (escala) de las área de muestreo, la REBIOSH cuenta con una extensión de  $\pm 600 \text{ Km}^2$  mientras que San Andrés de la Cal tiene una extensión de  $45 \text{ Km}^2$  y la distancia entre los sitios de muestreo, mientras que en la REBIOSH la distancia más corta entre sitios fue de 7.1 kilómetros, la distancia entre los sitios en San Andrés de la Cal no fue mayor a dos kilómetros, estas diferencias entre las escalas de estos dos trabajos toma importancia ya que se sabe que, existe una correlación entre el recambio de especies vegetales del BTC ( $\beta$ ) con la distancia entre muestras (Perez-García, 2005; Trejo, 2010).

Sin embargo las diferencias de las comunidades de cerambícidos entre los sitios de muestreo de este trabajo podrían deberse a una diferencia en la edad, el grado de sucesión o perturbación de los bosques más que a la heterogeneidad de hábitat propia del BTC, esta conjetura encuentra soporte en que nuestros resultados se comparten por lo reportado por Meng *et al.* (2013) en su estudio sobre la relación de la riqueza y abundancia de los cerambícidos con el tipo de uso de suelo (sistemas forestales, plantaciones de caucho, tierras abiertas y plantaciones de arroz en barbecho), indica que los factores que favorecen una mayor riqueza y abundancia de cerambícidos en los diferentes usos de suelo son: la altura de la vegetación, la cobertura del dosel, área basal y el número de especies e individuos de árboles, arbustos y lianas, factores que relaciona con la edad de sucesión de los diferentes tipos de uso de suelo.

La heterogeneidad de hábitat del BTC afecta la comunidad de Cerambycidae espacial y temporalmente, ya que, la presencia de este grupo de escarabajos se sincroniza con las etapas fenológicas del BTC, además de la correlación entre las características que

tienen una relación con la madures del bosque. Estos resultados son un punto a favor de la idea expresada por diferentes autores de utilizar esta familia de coleópteros como indicadores de conservación de ecosistemas, además de evidenciar lo sensible que es este grupo de escarabajos saproxilofagos al cambio climático.

## LITERATURA CITADA

- August, P. 1983. The role of hábitat complexity and heterogeneity in structuring tropical mammals in structuring tropical mammals communities. *Ecology*. 64(6):1495-1507.
- Balvanera, P., E. Lott, G. Segura, C. Siebe y A. Islas. 2002. Patterns of  $\beta$  diversity in a tropical dry forest. *Journal of Vegetation Science*, 13(2):145-158.
- Bazzaz, F.A. 1975. Plant species diversity in old-field successional ecosystems in southern Illinois. *Ecology*, 56(2):485-488.
- Berazategui, M. 2012. Evaluación de las teorías neutral y de nichos en comunidades temporales. Tesis de Doctorado. PEDECIBA. Universidad de la República. Montevideo. Uruguay.
- Bezark, L.G. y M.A. Monné. 2013. Checklist of the Oxypeltidae, Vesperidae, Disteniidae y Cerambycidae (Coleoptera) of the Western Hemisphere 2013 Version (updated through 31 December 2012) En: <http://plant.cdfa.ca.gov/bycidb/documents.html>
- Bouget, C., L. Larrieu, B. Nussillard, y G. Parmain. 2013. In search of the best local hábitat drivers for saproxylic beetle diversity in temperate deciduous forests. *Biodiversity and Conservation*, 22(9):2111-2130.
- Ceballos, G., A. García, I. Salazar y E. Espinoza. 2010. Conservación de los vertebrados: patrones de distribución, endemismos y vulnerabilidad. pp. 369- 386. En: *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*. Ceballos, G., L. Martínez, E. Espinoza, J. Bezaury-Creel y R. Dirzo (Eds.). FCE-CONABIO-TELMEX-CONANP-WWF México-EcoCiencia SC.
- Cramer, M.J. y Willig, M.R. 2002. Habitat heterogeneity, habitat associations, and rodent species diversity in a sandshinnery-oak landscape. *Journal of Mammology*, 83(3):743-753.
- García, A. y R.A. Cabrera. 2008. Estacionalidad y estructura de la comunidad de anfibios y reptiles de Chamela, Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 24(2):91-115.
- Grimaldi, D y M.S. Engel. 2005. *Evolution of the Insects*. Cambridge University Press, Cambridge, New York.
- Gutiérrez, N y F.A. Noguera. 2015. New distributional records of Cerambycidae (Coleoptera) from Mexico. *The Pan-Pacific Entomologist*, 91(2):135-147.

- Hamer, K.C., Hill, J.K., Benedick, S., Mustaffa, N., Sherratt, T.N., Maryati, M. & Chey, V.K. 2003. Ecology of butterflies in natural and selectively logged forests of northern Borneo: the importance of habitat heterogeneity. *Journal of Applied Ecology*, 40(1):150–162.
- Hequet, V. 1996. Longicornes de Guyane. *ORSTOM*. Cayenne.
- Hovore, F.T. 2006. The Cerambycidae (Coleoptera) of Guatemala, pp. 363-378. En: *Biodiversidad de Guatemala*. Cano E. (Ed.). Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala.
- Kolasa, J y Rollo, C.D. 1991. Introduction: the heterogeneity of heterogeneity: a glossary. In *Ecological Heterogeneity*. Springer New York.
- Lassau, S.A. y D.F. Huochuli. 2005. Wasp community responses to habitat complexity in Sydney sandstone forest. *Austral Ecology*, 30(2):179-187.
- Lassau, S.A., D.F. Huochuli, G. Cassis y C.A.M. Reid. 2005. Effects of habitat complexity on forest beetle diversity: do functional groups respond consistently?. *Diversity and Distributions*, 11(1):73-82.
- Lawton, J.H., D.E. Brignell, B. Bolton, G.F. Blomers, P. Eggleton, P.M. Hammond, M. Hodda, R.D. Holts, T.B. Larsen, N.A. Mawdsley, N.E. Stork, D.D. Srivastava y A.D. Watt. 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitats modification in tropical forest. *Nature*. 339:72-76.
- Li, H. y J.F. Reynolds. 1994. A simulation experiment to quantify spatial heterogeneity in categorical maps. *Ecology* 75(8): 2446-2455.
- Linsley, E.G. 1959. Ecology of Cerambycidae. *Annals of the Entomological Society of America*, 4(1):99-138.
- Martínez-Hernández, J.G. 2013. Diversidad de la familia Cerambycidae (Coleoptera) en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Morelos. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación. UAEM. México.
- Miranda, F. y E. Hernández-X. 1963. Los tipos de vegetación en México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana*, 28:291-279.
- Monné, M.A. y L.G. Bezark. 2009. Checklist of the Cerambycidae or longhorned beetles (Coleoptera) of the Western Hemisphere 2009 Version (updated through 31 December 2010) En: <http://plant.cdfa.ca.gov/byciddb/documents.html>

- Noguera, F.A. y J.A. Chemsak. 1996. Cerambycidae (Coleoptera), pp. 381-409. En: *Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Llorente, J., A. García y E. González (Eds.). UNAM. Vol. (1). México.
- Noguera, F.A., J.A. Chemsak, S. Zaragoza-Caballero, A. Rodríguez- Palafox, E. Ramírez-García, E. González-Soriano y R. Ayala. 2007. A faunal of Cerambycidae (Coleoptera) from one region with tropical dry forest in Mexico: San Buenaventura. *The Pan-Pacific Entomology*. 83(4):296-314.
- Noguera, F.A., M.A. Ortega-Huerta, S. Zaragoza-Caballero, E. González-Soriano, y E. Ramírez-García. 2009. A faunal of Cerambycidae (Coleoptera) from one region with tropical dry forest in Mexico: Sierra de San Javier, Sonora. *The Pan-Pacific Entomology*. 82(2):70-90.
- Noguera, F. A., S. Zaragoza-Caballero, A. Rodríguez-Palafox, E. González-Soriano, E. Ramírez-García, R. Ayala y M.A. Ortega-Huerta. 2012. Cerambícidos (Coleoptera: Cerambycidae) del bosque tropical caducifolio en Santiago Dominguillo Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 83(3):611-622.
- Novotny, V., P. Drozd, S.E. Miller, M. Kulfan, M. Janda, Y. Basset y G.D. Weiblen. 2006. Why are there so many species of herbivorous insects in tropical rain forest? *Science*, 313(5790):1115-1118.
- Olden, J.D., Comte, L., y Giam, X. 2018. The Homogocene: a research prospectus for the study of biotic homogenisation. *NeoBiota*, 37: 23.
- Pérez-García, E.A., J.A. Meave y J.A. Gallardo-Cruz. 2005. Diversidad  $\beta$  y diferenciación florística en un paisaje complejo del trópico estacional seco del sur de México, pp. 123- 142. En: *Sobre diversidad biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gama*. Halffter, G., J. Soberón, P. Koleff y A. Mellic (Eds.). Monografías 3<sup>er</sup> milenio. Vol. (4). México.
- Perfecto, I. y Snelling, R. 1995. Biodiversity and the transformation of a tropical agroecosystem – ants in coffee plantations. *Ecological Applications*, 5(4):1084–1097.
- Pianka, E.R. 1967. On lizard species diversity: North American flatland deserts. *Ecology*, 48(3):333–351.

- Poulsen, B.O. 2002. Avian richness and abundance in temperate Danish forests: tree variables important to birds and their conservation. *Biodiversity and Conservation*, 11(9): 1551–1566.
- Rathcke, B. y E.P Lacey. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16(1):179-214.
- Reyes-González, R. 2017. Comparación de la comunidad de Buprestidae (Insecta: Coleoptera) capturada con cuatro diferentes trampas y recolecta directa en la selva baja caducifolia de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación. UAEM. México.
- Reza, V. 2010. Buprestidae (Insecta: Coleoptera) de la localidad “El Limón de Cuauchichinola”, Tepalcingo, Morelos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, UAEM. México.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. 4ª. *Reimpresión. México, DF México*.
- Santibáñez-Andrade, G., S. Castillo-Argüero, J.A. Zavala-Hurtado, Y. Martínez-Orea y M. Hernández-Apolinar. 2009. La heterogeneidad ambiental en un matorral xerófilo. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (85):71-79.
- Schiegg, K. 2000. Effects of dead wood volume and connectivity on saproxylic insect species diversity. *Ecoscience*, 7(3):290–298.
- Sobek, S., I. Steffan-Dewenter, C. Scherber, y T. Tschardtke. 2009a. Spatiotemporal changes of beetle communities across a tree diversity gradient. *Diversity and Distributions*, 15(4):660-670.
- Sobek, S., Gobner, M.M., Scherber, C., Steffan-Dewenter, I. y Tschardtke, T. 2009b. Tree diversity drives abundance and spatiotemporal beta diversity of true bugs (Heteroptera). *Ecological Entomology*, 30(6): 772-782.
- Tews, J., U. Brose, V. Grimm, K. Tielborger, M.C. Wichmann, M. Schwager y F. Jeltsch. 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of Keystone structures. *Journal of Biogeography*, 31(1):79-92.
- Trejo, I. 2005. Análisis de la diversidad de la Selva Baja Caducifolia en México, pp. 111-122. En: *Sobre diversidad biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y*

- gama*. Halffter, G., J. Soberón, P. Koleff y A. Mellic (Eds.). Monografías 3<sup>er</sup> milenio. Vol. (4). México.
- Trejo, I. (2010) Las selvas secas del pacífico Mexicano, Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México, (ed. Ceballos, G., Martínez, L., Espinoza, E., Bezaury-Creel, J. y Dirzo, R.), pp. 41- 52. FCE-CONABIO-TELMEX-CONANP-WWF México-EcoCiencia SC.
- Trejo, I. y J. Hernández. 1996. Identificación de la selva baja caducifolia en el estado de Morelos, mediante imágenes de satélite. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía*, 5:11-18.
- Toledo, V.H., F.A. Noguera, J.A. Chemzak, F.T. Hovore y E.F. Giesbert. 2002. The Cerambycidae fauna of the tropical dry forest of “El Aguacero” Chiapas, Mexico. *The Coleopterists Bulletin*. 56(4):515-532.
- Toledo-Hernández, V.H. y A.M. Corona. 2006. Patrones de distribución de la familia Cerambycidae (Coleoptera), pp. 425-474. En: *Componentes principales de la Entomofauna Mexicana*. Morrone, J. y J. Llorente (Eds.). Las Prensas de Ciencias, UNAM. México.
- Toledo-Hernández, V.H., J. Rifkind, A.M. Corona-López, A. Flores-Palacios y J.M. Leavengood. 2015. Faunistic Composition of Cleridae (Coleoptera) in El Limón de Cuauchichinola, Morelos, Mexico. *Annals of the Entomological Society of America*, 108(5): 771–77.
- Toledo-Hernández, V.H., Martínez-Hernández J.G., Bezark, L. (2016). Two new species of the genus *Phaea* Newman, 1840 (Coleoptera: Cerambycidae) from Mexico. *Zootaxa*, 4208(1):84-88.
- Vallan, D. 2002. Effects of anthropogenic environmental changes on amphibian diversity in the rain forests of eastern Madagascar. *Journal of Tropical Ecology*, 18(5):725–742
- Wiens, J. A. 1995. Landscape mosaics and ecological theory. In *Mosaic landscapes and ecological processes* (pp. 1-26). Springer, Dordrecht.
- Zaragoza-Caballero, S., F.A. Noguera, E. González-Soriano, E. Ramírez-García y A. Rodríguez-Palafox. 2010. Insectos, pp. 195- 214. En: *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*.



Ceballos, G., L. Martínez, E. Espinoza, J. Bezaury-Creel y R. Dirzo (Eds.). FCE-CONABIO-TELMEX-CONANP-WWF México-EcoCiencia SC.

Zerm, M., Adis, J., Paarmann, W., Amorim, M.A. y de Fonseca, C.R.V. 2001. On habitat specificity, life cycles, and guild structure in tiger beetles of Central Amazonia (Brazil) (Coleoptera:Cicindelidae). *Entomologia Generalis*, 25:141–154.

Apéndice. Lista de las especies de Cerambycidae registradas en el BTC de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos, México, conforme a la clasificación taxonómica de Monné y Bezark (2015), incluye mes de recolecta, \* nuevo registro para el estado de Morelos.

### **Prioninae**

#### Macrotomini

*Nothopleurus lobigenis* Bates, 1884, abril, mayo, junio, julio.

### **Lepturinae**

#### Lepturini

*Strangalia doyenii* Chemsak y Linsley, 1976, junio.

### **Cerambycinae**

#### Callicromatini

*Plinthocoelium chilensis* (Blanchard, 1851), septiembre.

#### Cerambycini

\**Jupoata rufipennis* (Gory, 1831), noviembre

#### Clytini

*Neoclytus cacicus* (Chevrolat, 1860), marzo, noviembre

*Placosternus difficilis* (Chevrolat, 1862), agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre.

\**Tanyochraethes truquii* (Chevrolat, 1860), septiembre, octubre, noviembre.

#### Dryobiini

*Ornithia mexicana zapotensis* Tippmann, 1960, junio.

#### Eburiini

*Ebuodacrys nemorivaga* Gounelle, 1909, mayo.

*Susuacanga poricollis* (Chemsak y Linsley, 1973), agosto, septiembre.

Elaphidiini

*Aneflomorpha rectilinea* Casey, 1924, julio.

*Aneflomorpha* sp.1, junio.

*Anelaphus badius* Chemsak, 1991, marzo, abril.

*Anelaphus hirtus* Chemsak y Noguera, 2003, junio.

\**Anelaphus inermis* (Newman, 1840), marzo.

*Anelaphus nitidipennis* Chemsak y Linsley, 1968, abril.

*Anelaphus piceus* (Chemsak, 1962), Febrero, abril.

\**Anelaphus vernus* Chemsak, 1991, febrero, marzo.

*Conosphaeron concolor concolor* Linsley, 1935, junio.

*Metironeus hesperus* Chemsak, 1991, mayo.

*Micropsyrassa pilosella* (Bates, 1892), Mayo, junio.

\**Pseudoperiboenum subarmatum* Linsley, 1935, emergió: julio, agosto.

*Psyrassa megalops* Chemsak y Noguera, 1993, junio.

*Stenosphenus cribripennis cribripennis* Thomson, 1861, junio, noviembre.

*Stenosphenus sobrius* (Newman, 1840), mayo, junio.

*Stenosphenus trispinosus* Bates, 1872, junio, agosto, septiembre, octubre, noviembre.

*Trichophoroides* sp.1, mayo.

Hesperophanini

*Makromastax mandibularis* (Chemsak y Linsley, 1963), abril.

\**Xeranoplium ruficolle* Chemsak y Linsley, 1963, mayo.

#### Hexoplonini

*Hexoplon calligrammum* Bates, 1885, junio, julio, agosto, septiembre, octubre.

#### Lissonotini

*Lissonotus flavocinctus* Dupont, 1836, junio.

#### Methiini

\**Methia bicolorata* Linsley, 1962, Junio.

\**Methia lineata* Linsley, 1935, enero, febrero, marzo, abril.

*Styloxus angelesae* Noguera, 2005, febrero, marzo, abril, junio.

#### Neoibidionini

*Neocompsa agnosta* Martins, 1970, junio.

*Neocompsa alacris* (Bates, 1885), agosto, septiembre.

\**Neocompsa clerochroa* (Thomson, 1867), junio, julio.

*Neocompsa puncticollis asperula* (Bates, 1885), mayo, junio.

*Neocompsa* sp.1, emergió: junio

#### Obriini

\**Obrium cruciferum* Bates, 1885, junio, julio, septiembre.

#### Rhinotragini

*Ameriphoderes cribricollis* Bates, 1873, junio.

*Ameriphoderes* sp.1, junio.

*Odontocera* sp.1, mayo, junio.

#### Rhopalophorini

*Cycnoderus* sp.1, noviembre.

*Rhopalophora serripennis* Giesbert y Chemsak, 1993, mayo, junio.

*Rhopalophora tenius* (Chevrolat, 1855), mayo, junio, julio, agosto, septiembre.

#### Tillomorhini

\**Euderces basimaculatus* Giesbert y Chemsak, 1997, emergió: marzo, junio, agosto

*Euderces cribripennis* Bates, 1892, mayo, junio.

*Euderces pulcher* (Bates, 1874), mayo.

*Euderces* sp.1, emergió: julio

#### Trachyderini

*Ancylocera michelbacheri* Chemsak, 1963, mayo.

*Assyuera macrotela* (Bates, 1880), junio, julio.

\**Callistochroma rutilans* (Bates) 1869, agosto.

*Deltaspis rubriventris* Bates, 1880, septiembre, octubre, noviembre.

*Dendrobias mandibularis mandibularis* Dupont, 1834, junio.

*Elytroleptus grandis*, Linsley, 1935, Emergió: mayo, junio

*Elytroleptus scabricollis* Bates, 1892, junio.

*Ischnocnemis caerulescens* Bates, 1885, septiembre, octubre.

\**Ischnocnemis sexualis* Bates, 1885, septiembre, octubre.

*Ischnocnemis virescens* Eya, 2010, septiembre, octubre, noviembre.

*Metaleptus pyrrhulus* Bates, 1880, junio, julio.

*Muscidora tricolor* Thomson, 1864, septiembre, octubre, noviembre.

*Sphaenothecus picticornis* Bates, 1880, enero, diciembre.

*Sphaenothecus trilineatus* Dupont, 1838, enero, noviembre, diciembre.

*Stenaspis verticalis verticalis* Audinet-Serville, 1834, octubre.

*Stenobatyle eburata* (Chevrolat, 1862), junio, julio, septiembre.

\**Trachyderes elegans elegans* Dupont, 1836, mayo, junio, julio.

*Tylosis puncticollis* Bates, 1885, enero, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre.

### **Lamiinae**

#### Acanthocinini

\**Atrypanius implexus* (Erichson, 1847), emergió: junio

\**Canidia canescens* (Dillon, 1955), julio, agosto.

*Canidia mexicana* Thomson, 1861, junio.

*Canidia spinicornis* (Bates, 1881), agosto.

*Eutrichillus comus* (Bates, 1881), febrero, marzo, abril, mayo, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre.

*Lagocheirus araneiformis ypsilon* (Voet, 1778), mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre

*Lagocheirus obsoletus obsoletus* Thomson, 1778, febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre.

*Leptostylus arciferus* Gahan, 1892, agosto.

*Leptostylus* sp.1, marzo.

*Leptostylus* sp.2, emergió: abril

*Lepturges* sp.1, mayo.

*Lepturges* sp.2, mayo.

*Mecotetartus antennatus* Bates, 1872, febrero, marzo, junio, julio, agosto, octubre.

*Olenosus serrimanus* Bates, 1872, febrero, abril, mayo, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre.

*Stenolis* sp.1, emergió: enero, marzo, abril, mayo, noviembre.

*Sternidius* sp.1, emergió: mayo

*Urgleptes* sp.1, junio.

*Urgleptes* sp.2, febrero.

*Urgleptes* sp.3, Emergió: diciembre

Acanthocinini sp.1, agosto, septiembre.

Acanthocinini sp.2, febrero.

Acanthocinini sp.3, junio.

Acanthocinini sp.4, junio.

Acanthocinini sp.5, abril.

Acanthocinini sp.6, mayo.

Acanthocinini sp.7, junio, julio.

Acanthocinini sp.8, junio, agosto.

Acanthocinini sp.9, agosto, octubre, noviembre.

Acanthocinini sp.10, agosto.

Acanthocinini sp.11, junio.

## Acanthoderini

\**Acanthoderes (Pardalisia) lacrymans* (Thomson, 1864), junio, julio.

*Aegomorphus albosignus* Chemsak y Noguera, 1993, marzo, abril, mayo, junio.

*Oreodera brailovsky* Chemsak y Noguera, 1993, Emergió: octubre.

*Oreodera copei* McCarty, 2001, junio.

\**Oreodera fasciculosa* Thomson, 1865, marzo.

*Psapharochrus borrei* (Dugés, 1885), enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, octubre, noviembre.

*Psapharochrus* sp.1, mayo, junio

*Psapharochrus* sp.2, abril, noviembre.

*Psapharochrus* sp.3, marzo, mayo, diciembre.

*Steirastoma anomala* Bates, 1880, emergió: enero, febrero, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre.

\**Tetrasarus pictulus* Bates, 1880, agosto.

## Agapanthiini

*Spalacopsis* sp.1, junio.

## Anisocerini

*Thryallis sallaei* Bates, 1880, agosto.

## Apomecynini

\**Adetus pisciformis* (Thomson, 1868), julio, agosto.

*Adetus* sp.1, mayo.

\**Dorcasta dasycera* (Erichson, 1848), junio, julio, agosto, septiembre, octubre, diciembre.



\**Ptericoptus intermedius* Breuning, 1939, julio.

#### Colobothini

*Colobotha sinaloensis* Giesbert, 1979, agosto.

#### Desmiphorini

\**Desmiphora hirticollis* (Olivier, 1795), marzo.

*Estola* sp.1, febrero, marzo, mayo, julio, agosto, septiembre, diciembre.

*Estoloides chamelae* Chemsak y Noguera, 1995, agosto, octubre, diciembre.

*Eupogonius* sp.1, emergió: agosto

*Eupogonius* sp.2, junio.

*Eupogonius* sp.3, Emergió: agosto

#### Hemilophini

*Alampyris fuliginea* Bates, 1881, julio.

*Essostrutha binotata* Bates, 1881, junio, julio, agosto.

*Essostrutha laeta* (Newman, 1840), junio, julio, agosto.

#### Moneilemini

\**Moneilema albopictum* White, 1856, septiembre.

#### Monochamini

*Chyptodes dejeani* (Thomson, 1865), junio, julio, agosto, octubre, noviembre, diciembre.

*Mimolochus hoefneri* (Thomson, 1865), septiembre, octubre, noviembre.

*Neoptychodes trilineatus* (Linnaeus, 1771), octubre.

#### Onciderini

\**Cacostola janzeni* Chemsak y Linsley, 1986, junio.

*Lochmaeocles cornuticeps federalis* Dillon y Dillon, 1946, mayo, julio.

*Taricanus truquii* Thomson, 1868, enero, septiembre, octubre, noviembre.

#### Phytoeciini

*Mecas (Mecas) cinerea* (Newman, 1840), julio, agosto.

*Mecas oberoides* Bates, 1881, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre.

#### Pogonocherini

*Alphomorpha vandykei* (Linsley, 1930), emergió: junio

*Poliaenus hesperus* Chemsak y Linsley, 1988, julio, septiembre.

Pogonocherini sp.1, mayo, septiembre.

#### Pteropliini

*Ataxia* sp.1, junio, septiembre.

#### Tetraopini

*Phaea biplagiata* Chemsak, 1977, mayo, junio.

*Phaea bryani* Chemsak, 1999, julio, agosto.

*Phaea maryannae* Chemsak, 1977, Emergió: agosto.

*Phaea lateralis* Bates, 1881, junio, agosto.

\**Phaea laurieae* Chemsak, 1999, julio.

*Phaea paralella* Toledo, Martínez y Bezark, 2016, junio, julio, agosto.

*Phaea rufiventris* Bates, 1872, junio, julio, agosto.

*Phaea tenuata* Bates, 1872, junio.

*Phaea vitticollis* Bates, 1872, junio, julio.

*Tetraopes cleroides* Thomson, 1860, julio, septiembre, octubre.

\**Tetraopes discoideus* LeConte, 1858, junio, julio, agosto, septiembre, octubre.

*Tetraopes umbonatus* LeConte, 1852, junio, julio.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS  
DOCTORADO EN CIENCIAS NATURALES

Cuernavaca, Morelos a 30 mayo 2019

COMITÉ DE REVISION DE TESIS

Dr. Víctor Hugo Toledo Hernández (Tutor)  
Dra. Angélica María Corona López  
Dr. Alejandro Flores Palacios  
Dr. Matthias Rös  
Dr. Jonas Morales Linares  
Dra. Carmen Agglael Vergara Torres  
Dra. Michelle Ramos Robles

Tesis: Influencia de la composición de plantas leñosas sobre la comunidad de Cerambycidae (Coleoptera) de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos.

Alumno que la presenta a revisión: JOSE GUADALUPE MARTINEZ HERNANDEZ

Programa: DOCTORADO EN CIENCIAS NATURALES

**VOTO**

El documento ha sido revisado y reúne los requisitos para editarse como TESIS por lo que es **APROBADO**

ATENTAMENTE

DR. VICTOR HUGO TOLEDO HERNANDEZ



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS  
DOCTORADO EN CIENCIAS NATURALES

Cuernavaca, Morelos a 30 Mayo 2019

COMITÉ DE REVISION DE TESIS

Dr. Víctor Hugo Toledo Hernández (Tutor)  
Dra. Angélica María Corona López  
Dr. Alejandro Flores Palacios  
Dr. Matthias Rös  
Dr. Jonas Morales Linares  
Dra. Carmen Agglael Vergara Torres  
Dra. Michelle Ramos Robles

Tesis: Influencia de la composición de plantas leñosas sobre la comunidad de Cerambycidae (Coleoptera) de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos.

Alumno que la presenta a revisión: JOSE GUADALUPE MARTINEZ HERNANDEZ

Programa: DOCTORADO EN CIENCIAS NATURALES

**VOTO**

El documento ha sido revisado y reúne los requisitos para editarse como TESIS por lo que es **APROBADO**

ATENTAMENTE

DRA. ANGELICA MARIA CORONA LOPEZ



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

DOCTORADO EN CIENCIAS NATURALES

Cuernavaca, Morelos a 30 mayo 2019

COMITÉ DE REVISION DE TESIS

Dr. Víctor Hugo Toledo Hernández (Tutor)

Dra. Angélica María Corona López

Dr. Alejandro Flores Palacios

Dr. Matthias Rös

Dr. Jonas Morales Linares

Dra. Carmen Agglael Vergara Torres

Dra. Michelle Ramos Robles

Tesis: Influencia de la composición de plantas leñosas sobre la comunidad de Cerambycidae (Coleoptera) de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos.

Alumno que la presenta a revisión: JOSE GUADALUPE MARTINEZ HERNANDEZ

Programa: DOCTORADO EN CIENCIAS NATURALES

**VOTO**

El documento ha sido revisado y reúne los requisitos para editarse como TESIS por lo que es **APROBADO**

ATENTAMENTE

DR.ALEJANDRO FLORES PALACIOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

DOCTORADO EN CIENCIAS NATURALES

Cuernavaca, Morelos a 31/05/2019

COMITÉ DE REVISION DE TESIS

Dr. Víctor Hugo Toledo Hernández (Tutor)

Dra. Angélica María Corona López

Dr. Alejandro Flores Palacios

Dr. Matthias Rös

Dr. Jonas Morales Linares

Dra. Carmen Agglael Vergara Torres

Dra. Michelle Ramos Robles

Tesis: Influencia de la composición de plantas leñosas sobre la comunidad de Cerambycidae (Coleoptera) de San Andrés de la Cañ, Tepoztlán, Morelos.

Alumno que la presenta a revisión: JOSE GUADALUPE MARTINEZ HERNANDEZ

Programa: DOCTORADO EN CIENCIAS NATURALES

**VOTO**

El documento ha sido revisado y reúne los requisitos para editarse como TESIS por lo que es **APROBADO**

ATENTAMENTE

  
DR. MATTHIAS RÖS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS  
DOCTORADO EN CIENCIAS NATURALES

Cuernavaca, Morelos a 30 mayo 2019

COMITÉ DE REVISION DE TESIS

Dr. Víctor Hugo Toledo Hernández (Tutor)  
Dra. Angélica María Corona López  
Dr. Alejandro Flores Palacios  
Dr. Matthias Rös  
Dr. Jonas Morales Linares  
Dra. Carmen Agglael Vergara Torres  
Dra. Michelle Ramos Robles

Tesis: Influencia de la composición de plantas leñosas sobre la comunidad de Cerambycidae (Coleoptera) de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos.

Alumno que la presenta a revisión: JOSE GUADALUPE MARTINEZ HERNANDEZ

Programa: DOCTORADO EN CIENCIAS NATURALES

**VOTO**

El documento ha sido revisado y reúne los requisitos para editarse como TESIS por lo que es **APROBADO**

ATENTAMENTE

  
DR. JONAS MORALES LINARES





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

DOCTORADO EN CIENCIAS NATURALES

Cuernavaca, Morelos a 29 mayo 2019

COMITÉ DE REVISION DE TESIS

Dr. Víctor Hugo Toledo Hernández (Tutor)  
Dra. Angélica María Corona López  
Dr. Alejandro Flores Palacios  
Dr. Matthias Rös  
Dr. Jonas Morales Linares  
Dra. Carmen Agglael Vergara Torres  
Dra. Michelle Ramos Robles

Tesis: Influencia de la composición de plantas leñosas sobre la comunidad de Cerambycidae (Coleoptera) de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos.

Alumno que la presenta a revisión: JOSE GUADALUPE MARTINEZ HERNANDEZ

Programa: DOCTORADO EN CIENCIAS NATURALES

**VOTO**

El documento ha sido revisado y reúne los requisitos para editarse como TESIS por lo que es **APROBADO**

ATENTAMENTE

DRA. AGGLAEL VERGARA TORRES



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS  
DOCTORADO EN CIENCIAS NATURALES

Cuernavaca, Morelos a 30 mayo 2019

COMITÉ DE REVISION DE TESIS

Dr. Víctor Hugo Toledo Hernández (Tutor)  
Dra. Angélica María Corona López  
Dr. Alejandro Flores Palacios  
Dr. Matthias Rös  
Dr. Jonas Morales Linares  
Dra. Carmen Agglael Vergara Torres  
Dra. Michelle Ramos Robles

Tesis: Influencia de la composición de plantas leñosas sobre la comunidad de Cerambycidae (Coleoptera) de San Andrés de la Cal, Tepoztlán, Morelos.

Alumno que la presenta a revisión: JOSE GUADALUPE MARTINEZ HERNANDEZ

Programa: DOCTORADO EN CIENCIAS NATURALES

**VOTO**

El documento ha sido revisado y reúne los requisitos para editarse como TESIS por lo que es **APROBADO**

ATENTAMENTE

  
DRA. MICHELLE RAMOS ROBLES