



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS**

---

---

**ESCUELA DE ESTUDIOS SUPERIORES DEL JICARERO**

**COMUNIDAD DE ABEJAS EN SITIOS DE BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO**

**SOMETIDOS A DIFERENTES NIVELES DE DISTURBIO**

**TESIS PROFESIONAL**

**PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**LICENCIADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**P R E S E N T A:**

**LEONARDO HERNÁNDEZ BAUTISTA**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**Dra. CONCEPCIÓN MARTINEZ PERALTA**

**JOJUTLA, MORELOS**

**NOVIEMBRE, 2022**



## DEDICATORIAS

A mi madre, tengo tanto que agradecerte que si pudiera enumerar todo lo que te agradezco nunca terminaría. Quiero darle las gracias a dios por haberte puesto como mi madre. Madre quiero dedicarte todos los logros que he tenido en mi vida ya sean grandes o pequeños ya que sin ti no hubiera podido lograrlos, eres el motor que le da vida a mi vida, eres mi amuleto de la buena suerte, el ser que más amo en esta vida y la persona que más admiro, es tanto tu amor de madre que te quitabas el pan de la boca para dármelo a mí y te dejabas de comprar cosas para que pudieras darme para ir a la escuela. Todos esos detalles nunca los voy a olvidar. A ti dedico todo este trabajo y todos mis logros y todo lo que he aprendido, eres mi madre, mi confidente, mi vida entera y mi mejor amiga. Eres ese empujoncito que necesito para lograr o hacer las cosas, eres mi heroína y mi guerrera, eres el amor de mi vida. Todo lo que soy y seré te lo debo a ti, gracias por siempre estar conmigo aconsejándome, apoyándome y amándome, me debo a ti mi viejita chula y tu amor me hace fuerte, el amor que siento por ti es tan inmenso como el infinito y tan incontable como los granos de la arena del mar. Mamita ¡LO LOGRAMOS!

A mi padre., gracias por llenarme de consejos, por felicitar me en mis logros y por apoyarme con lo que pudo, gracias por ser mi padre y por estar siempre conmigo y sobre todo gracias por darme momentos tan bonitos y felices. Lo quiero mucho mi viejito enojón.

A mis hermanos Oscar, Adán y Vianey por haberme apoyado en su momento

A mi hermana Norma y mi cuñado, gracias por que me ayudaron y apoyaron dándome hospedaje para poder trabajar y juntar dinero cuando decidí emprender este camino y ahora gracias a dios ya lo veo finalizado.

A Alondra Bahena., que puedo decirte que no te lo haya dicho ya en persona, solo quiero agradecerte por todo, si por todo lo que me has apoyado y por estar conmigo, por compartir juntos nuestras locuras y vivencias, gracias porque contigo siempre fui yo mismo y por qué sabía que tú te sentías igual, contigo supe y aprendí que las almas gemelas si existen y que están más cercas de lo que uno piensa, que contigo tengo tantas cosas en común que al darme cuenta de eso me dio tentación y emoción a la vez. La música ha sido una pieza clave para que nuestra amistad sea tan sólida y especial, son seis canciones las que me recuerdan a ti cada que las escucho. Gracias por darme momentos tan maravillosos, gracias por ser mi amiga y sobre todo gracias por existir y alegrar mi vida. Podría decir un millón de razones para seguir dándote las gracias, pero prefiero seguir diciéndotelas en persona. Te quiero mucho mi Alondra.

A Victoria Cazares., Amiga, hermana y compañera. Muchas gracias por todo tu apoyo, gracias por ser mi amiga y por dejarme entrar en tu vida, igual le doy gracias a dios y al

destino por habernos puesto en el mismo camino y por juntar nuestras vidas, nunca voy a olvidar que fue lo primero que nos dijimos cuando nos conocimos, me preguntaste que si tenía tiroides y yo te pregunté qué era lo que te había pasado en el brazo, y desde ese momento se comenzó a escribir nuestra historia. pasamos por muchos momentos muy hermosos, pero también tuvimos nuestras diferencias, pero eso nos sirvió para fortalecer más nuestra amistad. Gracias por comprenderme y aguantarme, gracias por todos tus consejos. eres ese tesoro que encontré sin necesidad de buscarlo y ahora que te tengo no quiero perderte. Siempre voy a aplaudir tus logros. Te quiero mucho mi Vicky.

A Emelio Espejo., amigo muchas gracias por todo tu apoyo, gracias por ser mi amigo y por hacerme reír tanto, aunque casi todo el tiempo que estuvimos en la universidad nos la pasábamos peleando o llevándonos pesado, pero con el tiempo nos fuimos llevando mejor y ahora somos muy buenos amigos. Espero que al igual que yo el próximo en titularse seas tú, quiero que sepas que siempre podrás contar conmigo.

A Lilia Tavaréz., amiga gracias por apoyarme tanto en todo el tiempo que estuvimos en la carrera, por tus consejos y por hacerme reír, y también por apoyarme en campo, aunque luego te nos caías o te pasaba algo.

A Edith por haberte dado tantos consejos durante toda mi etapa como universitario, también por darme ánimos y por alegrarte cada que tenía un logro.

A mi tía Andrea., muchas gracias tía por todos sus consejos y por apoyarme usted y mi tío Tacho comprándome mi computadora para así poder hacer mejor y menos complicado todos mis trabajos y tareas. La quiero mucho.

A mi prima Maleni., gracias siempre apoyarme dándome ánimo y por echarme porras cada que tenía un logro en mi vida y también por estar conmigo siempre.

A todos mis compañeros de la generación de Ciencias ambientales por hacerme sentir como si nuestro grupo fuera una familia, nos apoyamos tanto y vivimos muchas experiencias juntos, gracias por que esos cuatro años que estuvimos juntos fueron de los mejores años de mi vida, tuvimos indiferencias y pasamos por momentos tensos, pero siempre nos mantuvimos unidos.

Quiero agradecer a dios y a la vida por todas cosas buenas que me han pasado y por las personas que me han puesto en el camino, ya sea para bien o para mal ya que de ambas se aprende una buena lección de vida. Gracias dios.

## **Agradecimientos institucionales**

A la Escuela de Estudios Superiores del Jicarero EESJ-UAEM quien fue mi casa de estudios durante los cuatro años de la licenciatura, misma en la que se realizó este proyecto de tesis.

A la Dra. Concepción Martínez Peralta por ser mi profesora durante mi estancia en la licenciatura y también por haber dirigido este proyecto, al igual por haber aportado mucho con su conocimiento y enseñanzas para enriquecer este proyecto de tesis, también por haberme aconsejado mucho y por ser paciente conmigo.

A la Dra. Ma. Ventura Rosas Echeverría por haber sido parte de mi comité durante mis seminarios de investigación, al igual por ser parte ya de este proyecto de tesis y por enriquecerlo con su conocimiento.

Al Dr. Fernando Varela Hernández por haber sido parte de mi comité en mis seminarios de investigación y también por formar parte de mi comité durante la realización de esta tesis, al igual por enriquecer con su conocimiento este proyecto

Al Dr. Humberto Reyes Prado y al Bio. José Ernesto Gaspar Domínguez por haber formado parte de mi comité revisor de tesis y por aportar de su conocimiento para mejorarlo.

A la Estación Biológica El limón por haberme permitido ocupar sus instalaciones durante todo el tiempo que se estuvieron haciendo los muestreos de campo.

A mis compañeros Victoria Cazares, Lilia Tavares, Angelica Martínez, Raúl Gómez, Alondra Palma, Sofia Gómez, Emelio Espejo y Julio Cesar Calderón por haberme ayudado durante el trabajo de campo y toma de datos ya que su ayuda fue de mucho valor tanto para el proyecto como para mí.

A los profesores Tatiana Catalán, Montserrat Toledo y Jorge Manzo por haberme aconsejado y orientado ya sea poco o mucho durante la realización de esta tesis.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. Ecología de comunidades y diversidad Alfa, Beta y Gama .....	1
1.2. Disturbio y perturbación .....	2
1.3. Comunidades de abejas .....	3
1.4. Efecto del disturbio en las comunidades de abejas.....	4
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b> .....	6
<b>3. OBJETIVOS É HIPOTESIS</b> .....	6
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	7
4.1. Sitio de estudio .....	7
4.2. Ubicación de los sitios de estudio.....	8
4.3. Disturbio .....	10
4.4. Muestreo de abejas .....	13
4.5. Diversidad de abejas.....	15
<b>5. RESULTADOS</b> .....	16
<b>6. DISCUSIÓN</b> .....	22
<b>7. CONCLUSIONES Y PRESPECTIVAS</b> .....	27
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	28

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación de los distintos niveles de la biodiversidad (tabla tomada de Halffter, 1994).....	2
<b>Tabla 2.</b> Agentes e indicadores de disturbio siguiendo el método de Martorell y Peters (2005). Tabla tomada de Valverde et al. (2009) y modificada por (Martorell y Peters, 2005). .....	10
<b>Tabla 3.</b> Índice de disturbio, abundancia y diversidad verdadera en los tres órdenes de diversidad por sitio de estudio.....	18
<b>Tabla 4.</b> Matriz de correlación de las variables de disturbio y las variables de estructura de la comunidad de abejas. Los números en negritas indican un índice de correlación mayor a  0.5 .....	20
<b>Tabla 5.</b> Valores de $P$ de la matriz de correlación entre variables de disturbio y de la comunidad de abejas.....	20
<b>Tabla 6.</b> Residuales ajustados de la prueba de asociación de chi cuadrada entre la abundancia de cada familia de abejas y el sitio. ....	21

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación de los sitios de estudio en El Limón de Cuauchichinola, Tepalcingo, Morelos.....	8
<b>Figura 2.</b> Sitios de estudio dentro del ejido de El Limón de Cuauchichinola, Tepalcingo, Morelos.....	9
<b>Figura 3.</b> Muestreo de abejas. a) Captura de abejas con redes entomológicas en la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla, Tepalcingo, Morelos. b) Abeja capturada y sacrificada en cámara letal con acetato de etilo.....	14
<b>Figura 4.</b> Abejas montadas en alfileres entomológicos. a) Primera colectade abejas; b) Segunda colecta de abejas; c) Individuo de <i>Epicharis elegans</i> .....	14
<b>Figura 5.</b> Abundancia (izquierda) y riqueza (derecha) relativas de las familias de abejas presentes en cinco sitios de bosque tropical caducifolio sujetos a disturbio.....	18
<b>Figura 6.</b> Completitud del muestreo de la comunidad de abejas en cinco sitios de bosque tropical caducifolio.....	19
<b>Figura 7.</b> Diversidad verdadera de abejas considerando tres órdenes en cinco sitios de bosque tropical caducifolio. $q = 0$ es la riqueza de especies, $q = 1$ es la diversidad de Shannon, y $q = 2$ es la diversidad de Simpson. ....	19

## RESUMEN

Las abejas son insectos del orden de los himenópteros, hay más de 20,000 especies de abejas en el mundo. Un tercio de los alimentos que consumimos está disponible gracias a la polinización y aproximadamente más de la mitad de los animales que polinizan son insectos. Desafortunadamente, el hábitat donde las abejas proliferan está siendo afectado debido a disturbios antropogénicos (p. ej. la agricultura, la ganadería y la construcción de infraestructura). Algunas especies de abejas son muy susceptibles al cambio provocado por el disturbio, llegando a desaparecer o a ser desplazadas a otros sitios más favorables. Por lo tanto, es importante estudiar: ¿cómo es que el disturbio afecta a las comunidades de abejas? El objetivo general de este estudio es comparar la estructura de la comunidad de abejas en cinco sitios con diferentes niveles de disturbio en una localidad de bosque tropical caducifolio. Los objetivos particulares son: A). Evaluar el nivel de disturbio en los diferentes sitios de muestreo. B). Comparar la estructura de la comunidad de abejas entre los diferentes sitios de muestreo considerando la abundancia y la diversidad de tres órdenes ( $q = 0$ ,  $q = 1$  y  $q = 2$ ). C). Realizar correlaciones entre las variables de disturbio y las variables de la comunidad de abejas (abundancia y diversidad). Se encontró que de los tres tipos de actividades que generaron disturbio en los diferentes sitios de estudio, la ganadería es la principal fuente de disturbio y que la presencia directa de ganado disminuye la abundancia de abejas, mientras que la presencia indirecta de este mismo favorece a la diversidad de los órdenes 1 y 2. Durante todos los muestreos *Apis mellifera* y *Andrena sp.* Fueron las especies más frecuentes, esto indica que todos los sitios están bajo disturbio crónico. La evidencia encontrada indica que las comunidades de abejas del bosque tropical caducifolio apoyan la teoría del disturbio intermedio.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Ecología de comunidades y diversidad alfa, beta y gamma

Las comunidades bióticas son un nivel de organización natural que incluye todas las poblaciones de organismos de diferentes especies que interaccionan directa o indirectamente. No son entidades independientes unas de otras, sino que, al compartir ambientes y hábitats, interaccionan entre sí de formas muy diferentes. Por su parte, hay algunas especies que realizan funciones similares o explotan el mismo recurso dentro de una comunidad (Escolástico et al., 2013). Existen diferentes enfoques para estudiar una comunidad y así ya se pueden concebir las comunidades de manera parcial como subcomunidades (Valverde et al., 2005). La diversidad biológica puede ser medida dentro de hábitats o entre varios hábitats, por lo que se nombró a estos componentes como diversidad alfa, beta y gamma (Tabla 1). La diversidad alfa es la diversidad de especies de una comunidad a nivel local (diversidad dentro del hábitat). La diversidad beta es el grado de cambio o remplazo de la diversidad de especies de diferentes comunidades de un paisaje (diversidad entre hábitats) y la diversidad gamma es la riqueza de especies en conjunto de comunidades que integran un paisaje o región y resulta tanto de las diversidades alfa y beta (Moreno, 2007; Baselga et al., 2019). Cabe mencionar que la diversidad no solo depende de la riqueza de especies sino también de la dominancia relativa de cada una de ellas. Las especies se distribuyen según jerarquías de abundancia desde algunos muy abundantes hasta unas muy raras. Cuando mayor sea el grado de dominancia de algunas especies y de rareza de las demás mayor es la diversidad de la comunidad (Halfpter, 1994).

Uno de los atributos más estudiados de las comunidades es la riqueza de especies, que es el número de especies presentes en la comunidad. Además, se recurre al uso de índices de diversidad que resumen una medida de la riqueza y la frecuencia relativa de las especies (Franco-López, 2005; Moreno, 2007). Una forma de medir esta diversidad es por medio de la diversidad propuesta por Jost (2006), llamada diversidad verdadera. El término de diversidad verdadera fue acuñado con el objetivo de diferenciar otros índices anteriormente usados en ecología, y que son más bien índices de entropía o de incertidumbre (Moreno et al., 2011). En este trabajo será utilizada la diversidad verdadera para describir la diversidad de abejas en los sitios de estudio.

**Tabla 1.** Clasificación de los distintos niveles de la biodiversidad (tabla tomada de Halffter, 1994).

Nivel de organización biológica	Segregación espacial	Tipos de biodiversidad	
Biodiversidad	Bioma (nivel geográfico)	Biodiversidad $\Gamma$	
	Comunidades (nivel multiespecífico)	Entre hábitats	Biodiversidad $\beta$
		Dentro de hábitats	Biodiversidad $\alpha$
Población (nivel genético-demográfico)		Variación y heterosis	

## 1.2 Disturbio y perturbación

La diversidad tanto de flora y fauna en los ecosistemas es alterada por dos factores que son el disturbio y la perturbación. Un disturbio es un evento que suele ser relativamente discreto en el tiempo que cambia la estructura de una población, de una comunidad o de un ecosistema afectando notablemente la disponibilidad de los recursos, el estado, el ambiente físico o la estructura de los mismos (Vega y Peters, 2003; Manson y Peláez et al., 2009). Por otro lado, las perturbaciones son los efectos de los disturbios en las poblaciones, comunidades y ecosistemas. Los disturbios pueden ser naturales o causados por el hombre (de origen antropogénico). Entre los primeros se encuentran inundaciones, incendios naturales, huracanes, por mencionar algunos. Entre los principales agentes de perturbación antropogénica se encuentran las actividades agropecuarias, la tala inmoderada y los incendios naturales e inducidos. Estos son eventos que han ocasionado un alto decremento en la cobertura floral y forestal (Ugalde et al., 2009). En su mayoría, estos eventos se acompañan de un proceso de urbanización (Olalde et al., 2015). Incluso la introducción de insectos no

nativos y la fragmentación del suelo pueden ser considerados como agentes de disturbio (Sáez et al., 2014). Una de las cualidades que tienen los disturbios es que se producen independientemente de la densidad de los organismos y que también son procesos ecológicos disparadores de la sucesión secundaria (Lloret y Siscart, 1995; Ugalde et al., 2009). No obstante, los ecosistemas tienen la capacidad de tolerar algunos agentes de disturbio; a esta capacidad se le llama resiliencia (Vega y Peters, 2005)

### **1.3 Comunidades de abejas**

En la actualidad se estima la existencia de más de 20,000 especies de abejas clasificadas en 425 géneros y siete familias (Michener, 2000). En México el trabajo taxonómico reconoce 1,800 especies y subespecies clasificadas en 144 géneros y seis familias (Ramírez, 2012). La mayor parte de las abejas son de hábitos solitarios (95%) y sólo el 5% son sociales. Estas últimas viven juntas en colonias manifestando división de labor en los individuos, mientras que las abejas solitarias construyen nidos individuales. Las abejas son probablemente el grupo de insectos mejor adaptados a la visita floral y, debido al gran número de especies y a la abundancia de estas se convierten en un grupo esencial para la polinización (Rodríguez, 2002; Nates, 2005). Por lo anterior, son un componente importante en el funcionamiento de los ecosistemas y muy útiles para la humanidad, ya que polinizan diferentes cultivos y plantas silvestres. Esto es notable ya que se sabe que entre 60 y 80% de las plantas con flores requieren de la polinización por animales y aproximadamente el 35% de los alimentos que consumimos los humanos, son producto de la polinización por abejas (Reyes-Novelo, 2009). Un tercio de los alimentos que consumimos está disponible gracias a la polinización, y aproximadamente la mitad de los animales que polinizan las plantas son abejas (Nates, 2005). Las abejas construyen sus nidos utilizando pedazos de hojas, pétalos, resina, lodo y piedras pequeñas. Aunque la mayoría lo hacen en el suelo, otras lo hacen en pequeños tallos huecos, madera, bajo piedras o incluso en grietas de construcciones. Las comunidades de abejas exhiben una gran variación de espacio-temporal en su composición de especies; por ejemplo, pueden presentar similitudes de un 40% entre sitios menores a 5 kilómetros de separación y conforme va aumentando la distancia esta similitud se va perdiendo esto quiere decir que las comunidades de abejas suelen ser muy heterogéneas (Olalde, 2015). Por otro lado, la similitud entre comunidades varía a través del tiempo debido a la disponibilidad de los

recursos (anidación y alimento) llegando a cambiar las especies dominantes. Otras variaciones que tienen las comunidades abejas se deben al clima y al tiempo de floración (Domínguez et al., 2009). También se toma en cuenta que la diversidad en las comunidades de abejas en algunos casos suele ser mayor en alturas que oscilan entre los 500 y 1500 m de altitud (Palacios, 2004).

#### **1.4 Efectos del disturbio en las comunidades de abejas**

El cambio en el uso humano de la tierra tiene como consecuencia la degradación, fragmentación y pérdida de hábitats silvestres. En paisajes fragmentados las especies encuentran reducido su hábitat disponible y las condiciones micro ambientales modificadas (Cane et al., 2006; Cagnolo y Valladares, 2011).

Desafortunadamente, diferentes disturbios causados por el hombre, como la modificación y destrucción de hábitats provocados por la urbanización, la agricultura, el uso de pesticidas, la fragmentación y los incendios. Estos son la causa más importante del declive de la biodiversidad de especies polinizadoras, tal es el caso de las comunidades de abejas, ya que estas se ven afectadas negativamente causando una crisis mundial del servicio ambiental que es la polinización (Olalde et al., 2015; Chapter et al., 2013). Las abejas son afectadas por el disturbio de manera diferente, pues las abejas oligolécticas (son aquellas que solo se encargan de polinizar ciertos grupos de plantas específicas) (Leong, 1999), son particularmente más sensibles a desaparecer en los sitios con mayores alteraciones porque al ser especialistas se pierde su limitado recurso floral para su alimentación (Beltrán, 2014; Winfree, 2007). Por ejemplo, la deforestación afecta negativamente tanto la densidad de nidos como la composición de especies y la diversidad (Nates, 2008). En este sentido, el cambio en la estructura en las comunidades de abejas ha sido importante para estudiar cómo es que responden éstas en sitios con disturbio.

Se ha documentado que las especies de abejas responden de manera diferente al tipo y a la intensidad de disturbio (Cane et al., 2006). Por ejemplo, las fragmentaciones son un tipo de disturbio que ocurre a través de la conversión antropogénica del hábitat original. Ya que los regímenes de disturbio están más ligados al tamaño del fragmento, se ha observado que las abejas de la tribu *Euglossini* (abejas que visitan orquídeas) tienen una tasa de visitación menor en los fragmentos de selva más pequeños. Esto sucede porque los fragmentos más

pequeños pueden ser más propensos a experimentar mayores efectos de los disturbios antropogénicos (Brosi et al., 2008). La deforestación afecta tanto la densidad de nidos como la composición de especies y heterogeneidad de la comunidad, sin embargo, no siempre se detectan diferencias significativas en diversidad de especies (Nates, 2008).

La forma en que las abejas responden al disturbio depende en gran medida de sus hábitos de anidación (en el suelo, en cavidades preexistentes, en ramas y troncos), de sus formas de vida (sociales o solitarias) y su especialización floral (oligolécticas o polilécticas). Por ejemplo, las abejas que anidan en los arbustos se ven afectadas negativamente porque al haber un disturbio causa la pérdida de la cubierta floral que ellas ocupan para anidar. Las abejas sociales disminuyen en abundancia cuando hay menos recursos florales, porque requieren una mayor demanda de recursos florales para la construcción de sus colonias. Por su parte, las abejas especialistas u oligolécticas son afectadas porque hay una disminución o pérdida total de los recursos florales de los cuales se alimentan. Los ejemplos anteriores señalan que la estructura de las comunidades de abejas es afectada dado que el disturbio altera la disponibilidad de recursos de alimentación y anidación (Olalde, 2015). Cabe mencionar que las abejas son consideradas como especies bioindicadoras. Un bioindicador es una especie o grupos de especies que refleja el estado abiótico y biótico de un ambiente, es sensible a los cambios ambientales en el ecosistema donde habita (Simo et al., 2011). Por ejemplo, algunas especies de abejas silvestres que tienen rangos de vuelo cortos, como las abejas sin aguijón que vuelan de 200 m a 1 km dependiendo de su tamaño, o abejas que son incapaces de volar sobre áreas desprovistas de bosque como las abejas de la tribu *Euglossini*, que no pueden cruzar áreas sin vegetación tan pequeñas como 100 m, además el pastoreo intensivo destruye los sitios de nidificación de abejas (Fernández, 2011).

## **2. JUSTIFICACIÓN**

Las abejas realizan el servicio ambiental de la polinización, proceso que tiene una gran importancia en el mantenimiento de las comunidades vegetales naturales y en el proceso de recuperación y restauración de áreas perturbadas. Por esto, es importante conocer cómo responde la comunidad de abejas ante el disturbio antropogénico (Reyes-Novelo et al., 2009), con el fin de obtener información que permita diseñar acciones que mitiguen el impacto de las actividades humanas en este importante grupo de polinizadores.

## **3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

El objetivo general de este estudio es comparar la estructura de la comunidad de abejas en cinco sitios con diferentes niveles de disturbio en una localidad de bosque tropical caducifolio.

**Los objetivos particulares son los siguientes:**

- Evaluar el nivel de disturbio en cinco sitios de muestreo utilizando el método de Martorell y Peters (2005).
- Comparar la estructura de la comunidad de abejas entre los diferentes sitios de muestreo considerando la abundancia y los tres órdenes de diversidad (números de Hill).
- Determinar si las variables de la comunidad de abejas (abundancia y diversidad) tienen correlaciones con las variables de disturbio.

### **Hipótesis**

La hipótesis de este trabajo es que las abejas son sensibles al disturbio causado por el hombre, y sus comunidades se ven afectadas negativamente por el disturbio. Por lo tanto, se espera encontrar mayor abundancia y diversidad de abejas en los sitios con menor disturbio. Asimismo, se espera que en los sitios con mayor disturbio haya dominancia de una o pocas especies de abejas.

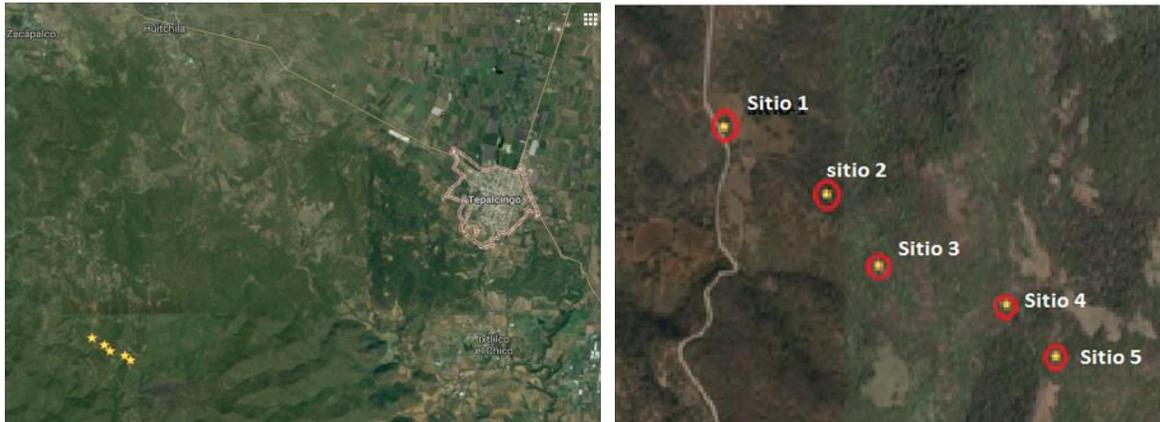
## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 Sitio de estudio**

Se localiza en el ejido El Limón de Cuauchichinola, en el municipio de Tepalcingo, Morelos. Los sitios de estudio, a su vez, están dentro de la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla (REBIOSH). La Sierra de Huautla se sitúa en la zona neotropical, principalmente en el eje Neovolcánico Transmexicano (Márquez y Morrone, 2003), forma parte de la cuenca del Río Balsas, pertenece a la subprovincia del sur de Puebla, sur del estado de Morelos y del noreste de Guerrero. Se compone en su mayoría por bosque tropical caducifolio.

El clima corresponde al cálido subhúmedo, el más seco de los subhúmedos, con un régimen de lluvias en verano y presencia de canícula, con una temperatura media mayor de 25° C. La temperatura máxima es de 35.5° C en la época de mayo a septiembre, con una temperatura mínima de 14.5° C de octubre a febrero (el invierno no es apreciable). La precipitación es de 800 mm anuales, fluctúa entre 600 y 900 mm; la época de lluvias se presenta de junio a octubre, siendo 100 los días más lluviosos del año, las mayores precipitaciones ocurren entre el 15 de junio y la primera semana de octubre (Pineda, 2006). La REBIOSH tiene una superficie total de 59,030 hectáreas, la gran mayoría de ellas en el estado de Morelos, y abarca los municipios de Jojutla, Tlaquiltenango, Tepalcingo, Puente de Ixtla y Amacuzac (Fernández et al., 2007).

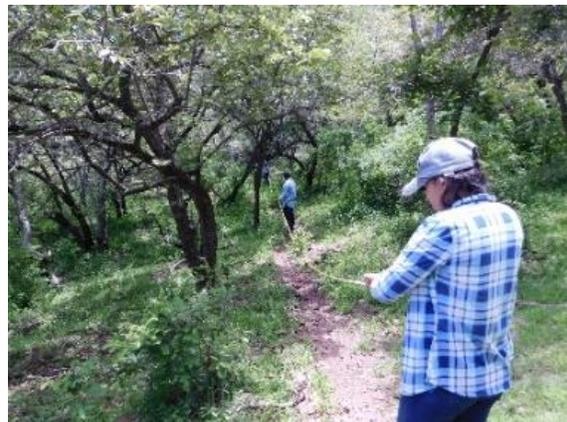
## 4.2 Ubicación de los sitios de estudio



**Figura 1.** Ubicación de los sitios de estudio en El Limón de Cuauchichinola, Tepalcingo, Morelos.



**Sitio 1** N 18°33.094 W 098°56.619



**Sitio 2** N 18°33.599 W 098° 56.455



**Sitio 3** N 18°53.500 W 098°56.359



**Sitio 4** N 18°33.445 W 098°56.147



**Sitio 5** N 18°33.374' W 098°56.066

**Figura 2.** Sitios de estudio dentro del ejido de El Limón de Cuauchichinola, Tepalcingo, Morelos.

### 4.3 Disturbio

El índice de Martorell y Peters (2005) es un índice cuantitativo que mide la intensidad del disturbio y está basado en la cuantificación de 15 parámetros o indicadores pertenecientes a tres tipos de fuentes del disturbio (Tabla 2): cría de ganado (AG), actividades humanas (AH) y deterioro del hábitat (DA), los que son descritos a continuación (Valverde et al., 2009).

**Tabla 2.** Agentes e indicadores de disturbio siguiendo el método de Martorell y Peters (2005). Tabla tomada de Valverde et al. (2009).

Agentes	Indicador	Abreviatura
Actividades ganaderas	* Densidad de excretas de cabra	CABR
	* Densidad de excremento de ganado Bovino y equino	GANAB
	* Fracción de plantas ramoneadas	RAMO
	* Densidad de caminos ganaderos	CGAN
	* Compactación del suelo	COMP
Actividades humanas	* Fracción de plantas macheteadas	MACH
	* Densidad de senderos humanos	CCHU
	* Proximidad con asentamientos humanos	POBL
	* Adyacencia de núcleos de actividad	ADYA
	* Uso de tierras	USOS
	* Pruebas de incendios	INCE
Deterioro del hábitat	* Erosión	EROS
	* Presencia de islas	ISLA
	* Superficie totalmente modificada	STOM

### ***Actividades ganaderas***

Frecuencia de excrementos de cabra (CABR): En diez puntos elegidos al azar a lo largo de un transecto de 50 m se revisó la presencia de excrementos en cuadros de 1 m<sup>2</sup>. La frecuencia se definió como la fracción de cuadros con registros positivos, y se estimó como el número de cuadros con excretas entre el número de cuadros revisados.

Frecuencia en el excremento de ganado bovino y equino (GANA): Similar al anterior, pero con excremento de ganado bovino y equino.

Ramoneo (RAMO): Todos los arbustos y árboles que tienen sus raíces en el transecto fueron examinados en busca de signos de ramoneo, la única planta que no se tomó en cuenta fue el agave, ya que el ganado no se alimenta de ella. Se calculó como un índice de intensidad del ramoneo el total de plantas ramoneadas entre el total de las plantas inspeccionadas.

Densidad de caminos ganaderos (CGAN): El número de senderos bien definidos para el traslado.

Compactación del suelo (COMP): El pisoteo constante de ganado a lo largo de caminos provoca la compactación del suelo, que afecta a la infiltración del agua. Un cilindro de 10.4 cm de diámetro fue enterrado a 4 cm de la superficie del suelo en un sendero de ganado elegido al azar, se vertieron 250 ml de agua en el cilindro y el tiempo necesario para la infiltración completa fue registrado; se realizó lo mismo en una parte de suelo que no estaba compactada. El tiempo de infiltración del camino de ganado se dividió entre el tiempo de infiltración del suelo intacto.

### ***Actividades humanas***

Frecuencia de plantas macheteadas (MACH): Como una estimación de las actividades de extracción de leña, los campesinos por lo general cortan ramas para su uso como leña, esta técnica se mide como el ramoneo (punto 3), pero teniendo en cuenta cortes de machete en las plantas.

Densidad de senderos humanos (CCHU): Son los caminos que utiliza la gente para viajar. Se midió el ancho de la zona donde los caminos utilizados por la gente se interceptan con el transecto; es decir, la longitud de la intercepción entre la longitud del transecto.

Amplitud de los senderos humanos: los caminos frecuentemente utilizados por las personas son más anchos, por lo tanto, abarcan una fracción mayor de la superficie del suelo y esto se

midió por medio del método de intercepción lineal: se mide el ancho de los caminos que interceptan con el transecto.

Proximidad con asentamientos humanos (POBL): Las zonas alejadas de los asentamientos humanos son raramente visitadas y, por lo tanto, podría ser menos perturbadas. La proximidad fue definida como el inverso de la distancia a las poblaciones más cercanas en kilómetros.

La adyacencia con núcleos de actividad (ADYA): Un núcleo fue definido como un lugar donde las actividades humanas tienen lugar normalmente, como las casas, los campos para uso agrícola, minas o capillas. Es a partir de estos núcleos que los campesinos pueden ejercer su influencia sobre el medio ambiente. La cercanía fue registrada en cada transecto si un núcleo era inferior a 200 m de distancia. La fracción de transectos contiguos a un núcleo fue usada como métrica. El mismo núcleo no fue contado dos veces, en caso de estar aledañas a dos diferentes transectos

Uso de la tierra (USOS): en varios estudios, el porcentaje de la cobertura del suelo dedicado a la agricultura, cultivada o inducida a pastos o zonas urbanas se utiliza como medida de la perturbación. Aquí, la fracción de la zona de estudio utilizada para estos fines fue estimada visualmente

Pruebas de incendios (INCE): la mayoría de estos son iniciados por personas, ya sea para limpiar un área, promover el crecimiento de los pastizales para el ganado, o accidentalmente. La presencia o ausencia de prueba en el sitio de estudio se registró como uno o cero.

### ***Deterioro del hábitat***

Erosión (EROS): el sobrepastoreo y las actividades humanas aumentan la erosión hídrica. Se consideraron los lugares donde el suelo mostró huellas de fuertes y frecuentes extracciones de material por agua (como barrancos) como una prueba inequívoca de erosión. Veinte puntos fueron seleccionados de forma aleatoria a lo largo del transecto para su estimación, y la fracción de manchas erosionadas fueron registradas. Se registró el número de puntos con erosión entre el número de puntos revisados.

Presencia de islas (ISLA): cuando se produce una erosión severa, solo se mantiene el suelo donde grandes arbustos están arraigados. La presencia o ausencia de estas islas fue registrada como uno o cero.

Áreas totalmente modificadas (STOM): la tierra puede ser modificada tan gravemente que la medición de la mayoría de los parámetros no tiene sentido, como puede suceder en una carretera asfaltada o en una zona de cultivo, una casa o en vías navegables artificiales. Cuando el transecto cruzó tales superficies, la cubierta se midió mediante el método de intercepción lineal, es decir, la longitud de la intercepción entre la longitud del transecto.

El valor calculado para cada indicador se integra en la siguiente fórmula que indica la cantidad y calidad del disturbio (Martorell y Peters, 2005; Hernández et al., 2007):

$$3.41 CABR - 1.37 GANA + 27.62 RAMO + 49.40 CGAN - 1.03 COMP + 41.01 MACH + 0.12 CCHU + 24.17 POBL + 8.98 ADYA + 8.98 USOS - 0.49 INCE + 26.94 EROS + 17.97 ISLA + 26.97 STOM + 0.2$$

#### **4.4 Muestreo de abejas**

El muestreo de abejas se realizó utilizando redes entomológicas (Fig. 3) y cámaras letales con acetato de etilo, en ellas se sacrificaban las abejas después de su captura. Las capturas se llevaron a cabo en cinco fechas (25 de septiembre de 2016, 6 de noviembre de 2016, 6 de mayo de 2017, 20 de junio de 2017 y 6 de noviembre de 2017) en cada uno de los cinco sitios muestreados. El muestreo se efectuó durante las 10:30 am y las 4:00 pm ya que era cuando las abejas tenían mayor actividad por la luz y el calor. En cada muestreo, cuatro colectores recorrieron el sitio por el método de vagabundeo (Longcore et al., 2010) colectando las abejas en la vegetación herbácea, principalmente, durante media hora. Posteriormente, los ejemplares se montaron en alfileres entomológicos y se identificaron hasta especie cuando fue posible (Fig.4).



**Figura 3.** Muestreo de abejas. a) Captura de abejas con redes entomológicas en la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla, Tepalcingo, Morelos; b) Abeja capturada y sacrificada en cámara letal con acetato de etilo.



**Figura 4.** Abejas montadas en alfileres entomológicos. a) primera Colecta de abejas; b) Segunda colecta de abejas; c) Individuo de *Epicharis elegans*.

#### 4.5 Diversidad de abejas

Se obtuvo la abundancia de abejas por cada sitio, considerando las cinco fechas de colecta. La diversidad verdadera (Jost, 2006) y la completitud del muestreo se obtuvo por medio del paquete iNEXT (Hsieh et al., 2016). La completitud (*sample completeness*, Hsieh et al., 2016) es un estimador de qué porcentaje de especies presentes en la comunidad fue obtenido con el muestreo realizado. Para mostrar la completitud por sitio, se obtuvo una gráfica que compara la estimación de cobertura de muestreo (*sample coverage estimate*) con el tamaño de muestra (*number of individuals*). Un muestreo por arriba del 80% es considerado un muestreo representativo de la comunidad. Por cada sitio se obtuvo la diversidad verdadera de Jost ( $qD$ ) (Jost, 2006) considerando tres órdenes de diversidad ( $q = 0$ ,  $q = 1$  y  $q = 2$ ), también conocidos como los números de Hill (Moreno et al., 2011; Hsieh et al., 2016). La diversidad de orden cero,  $q = 0$ , es la riqueza de especies, o bien, la diversidad observada. La diversidad de primer orden,  $q = 1$ , es la diversidad de Shannon, que mide las especies efectivas o el número de especies igualmente comunes. Finalmente, la diversidad de orden 2 es la diversidad de Simpson,  $q = 2$ , que considera a las especies con baja frecuencia, o especies raras (Jost, 2006).

Para identificar si existe relación entre el nivel de disturbio y la estructura de la comunidad de abejas, se realizó una matriz de correlación entre las variables de disturbio y las variables de abundancia y de diversidad. Las variables de disturbio fueron el índice de disturbio (Tabla 3), así como las variables individuales que conforman al índice (Apéndices 1, 2 y 3): GANA, RAMO, COMP, CGAN, MACH, CCHU, EROS y STOM. No fueron incluidas variables que no se presentaron en los sitios (p. ej., CABR). Las variables de respuesta fueron la abundancia de abejas por sitio, la riqueza de especies ( $q = 0$ ), la diversidad de Shannon ( $q = 1$ ) y la diversidad de Simpson ( $q = 2$ ). Esta matriz de correlación se obtuvo en el programa R (R Core Team, 2020) usando el paquete “Hmisc” (Harrell, 2022). Finalmente, se realizó una prueba de chi-cuadrada considerando las familias y su frecuencia en cada sitio; en caso de que se tuvieran casillas con conteos menores a 5, se determinó eliminar los renglones con bajos conteos. Esta prueba de chi-cuadrada nos permitió analizar si existe relación entre la abundancia de cada familia y el sitio. A partir de la chi-cuadrada, el análisis de residuales estandarizados permitió detectar las casillas en que la frecuencia fuera mayor o menor que lo esperado por azar, que fueron aquellas casillas con valor absoluto cercano 3 (Agresti, 2007).

## 5. RESULTADOS

### Disturbio

De acuerdo a los resultados obtenidos en los cinco sitios estudiados, el sitio 1 es el que tiene mayor disturbio, pues alcanza los 100 puntos (Tabla 3). Los sitios 3 y 4 tienen un disturbio de moderado a leve, mientras que el sitio con menor índice de disturbio es el 5. Los detalles de los tres tipos de las fuentes de disturbio se muestran en el Apéndice (**Apéndice 1, 2 y 3**); estas variables fueron usadas en el análisis de correlación (Tabla 4).

### Diversidad de abejas

El total de abejas colectadas en todo el estudio fue de 251 ejemplares. Estas abejas representan 82 especies pertenecientes a 30 géneros y cinco familias (Figura 5, Apéndice 4). La familia más abundante fue Apidae, seguida de Megachilidae (Figura 5). En el proceso de identificación taxonómica, 14 ejemplares fueron identificados a nivel de morfoespecie.

De las especies colectadas, 43 de ellas son singletons (representadas por un único ejemplar en la colecta global) y 14 de ellas son doubletons (representadas por dos ejemplares en la colecta global); en conjunto, singletons y doubletons representan el 71% de las especies, lo que indica que la comunidad de abejas de estos sitios está dominada por especies raras. Únicamente cinco especies tienen abundancias mayores a 10 individuos (Apéndice 4).

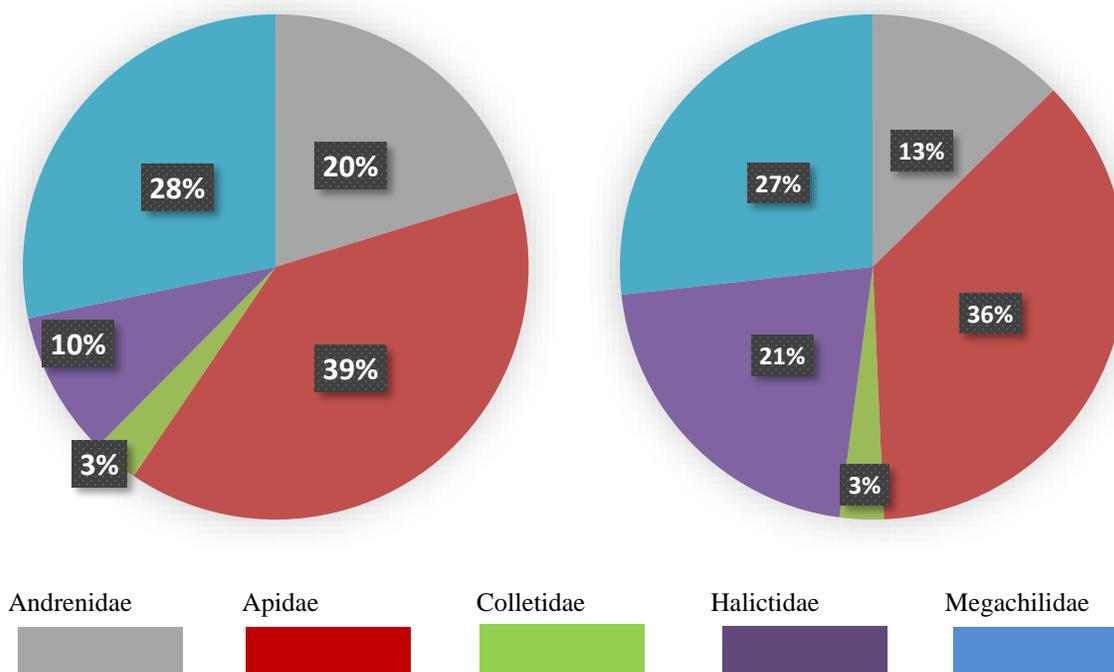
El análisis de diversidad considerando todos los sitios indica que se obtuvieron 81 especies, con una completitud del 82%. Esto indica que, considerando a todos los sitios como una comunidad, se tiene un muestreo con un número representativo de especies. Sin embargo, la completitud del muestreo por sitio varió entre el 59% y el 74% (Tabla 3). Esto indica que en ningún sitio se tuvo un muestreo representativo de la comunidad de abejas estimada (Fig. 6) y que se requieren más unidades de muestreo (horas/colector) para tener un muestreo representativo de cada comunidad.

La diversidad en los tres órdenes de magnitud fue mayor para el sitio 3 y menor en los sitios 1 y 5 (Tabla 3). Sin embargo, considerando los muestreos por sitio, no se encuentran diferencias significativas entre los sitios en ninguno de los tres órdenes de diversidad (Figura 7). La matriz de correlación de las variables de disturbio y las variables de estructura de la comunidad indica que hay siete correlaciones con un coeficiente con un valor absoluto mayor a 0.5 ( $> |0.5|$ ), lo que indica una correlación entre las variables de moderada a fuerte entre

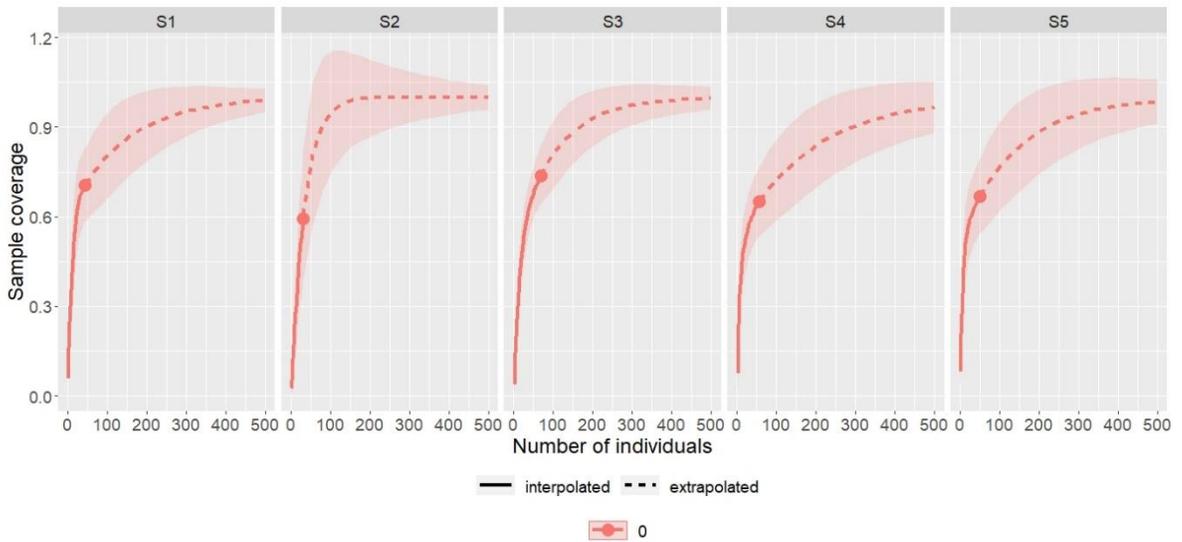
los pares de variables involucrados (Tabla 4). Cinco de estas correlaciones fueron positivas y mayores a 0.70, lo que sugiere una fuerte asociación entre ambas variables (Tabla 4): mientras la variable de disturbio incrementa, así lo hace la variable de diversidad. La densidad de caminos ganaderos (CGAN) se correlacionó positivamente con la riqueza, la diversidad de orden 1 (1D) y la diversidad de orden 2 (2D). Mientras que la frecuencia de plantas macheteadas (MACH) se correlacionó positivamente con la diversidad de orden 1 y la diversidad de orden 2. De estas cinco correlaciones positivas, únicamente dos tuvieron un valor de significancia por debajo del umbral establecido ( $P < 0.05$ ) (Tabla 5), lo que indica que son las únicas que permiten una generalización del patrón observado. Por el contrario, dos correlaciones son negativas y ocurren entre la Abundancia y GANA (Densidad de excretas de ganadería bovina), y Abundancia y RAMO (frecuencia de plantas ramoneadas). La tabla de contingencia para la prueba de chi-cuadrada constó de tres familias y cinco sitios. Los datos de Colletidae fueron eliminados debido a que en 3 de los sitios sus conteos eran menores a 5 y contribuían notablemente a bajos conteos de la tabla (Everitt 1977). El análisis indica que sí hay asociación entre la frecuencia de abejas por familia y los sitios de estudio (chi-cuadrada = 18.876, g.l. = 8,  $P = 0.015$ ). El análisis de residuales ajustados indica que la familia Andrenidae es más frecuente que lo esperado por azar en el sitio 4, la familia Megachilidae es más frecuente en el sitio 5 y menos frecuente en el sitio 4 (Tabla 6). Las familias Apidae y Halictidae no tienen una asociación de frecuencia con ninguno de los sitios.

**Tabla 3.** Índice de disturbio, abundancia y diversidad verdadera en los tres órdenes de diversidad por sitio de estudio.

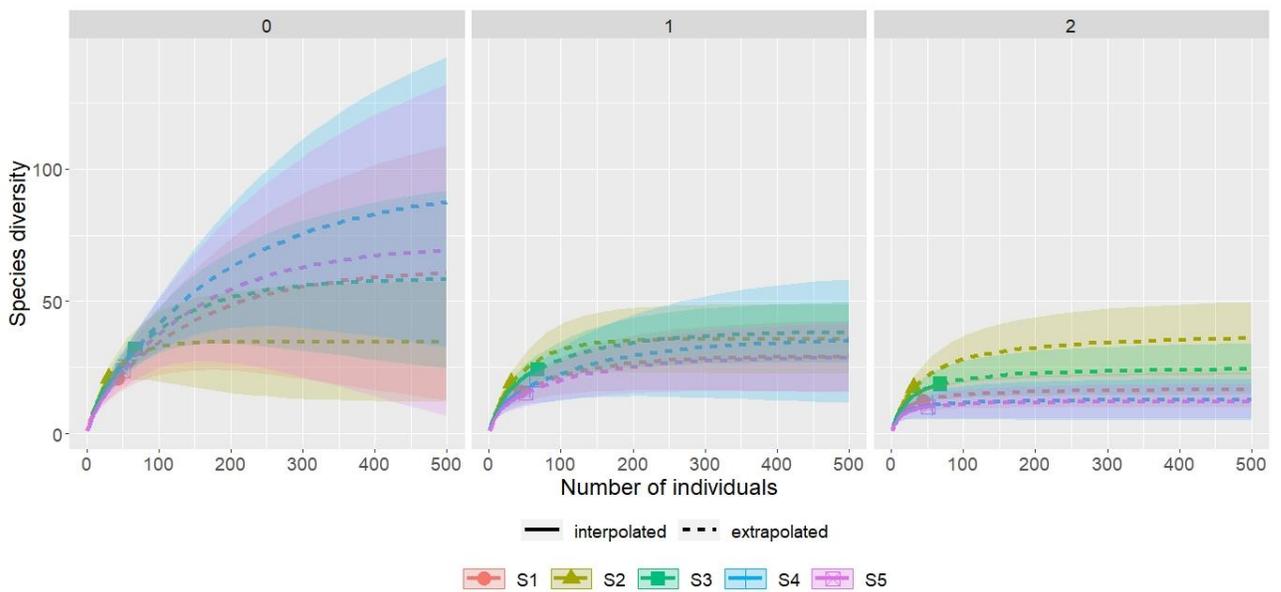
Sitio	Índice de disturbio	Compleitud del muestreo	Abundancia	Riqueza (q = 0)	Diversidad de Shannon (q = 1)	Diversidad de Simpson (q = 2)
1	100.12	0.7066	44	21	15.958	12.571
2	13.77	0.5932	31	21	19.164	17.473
3	28.09	0.7379	68	32	24.314	18.797
4	31.77	0.6510	57	28	17.820	10.866
5	1.24	0.6690	51	24	15.419	10.200



**Figura 5.** Abundancia (izquierda) y riqueza (derecha) relativas de las familias de abejas presentes en cinco sitios de bosque tropical caducifolio sujetos a disturbio.



**Figura 6.** Completitud del muestreo de la comunidad de abejas en cinco sitios de bosque tropical caducifolio. La completitud alcanzada fue moderada para los cinco sitios.



**Figura 7.** Diversidad verdadera de abejas considerando tres órdenes en cinco sitios de bosque tropical caducifolio.  $q = 0$  es la riqueza de especies,  $q = 1$  es la diversidad de Shannon, y  $q = 2$  es la diversidad de Simpson. No se encontraron diferencias en la diversidad entre sitios.

**Tabla 4.** Matriz de correlación de las variables de disturbio y las variables de estructura de la comunidad de abejas. Los números en negritas indican un índice de correlación mayor a |0.5|.

	<b>Abundancia</b>	<b>Riqueza</b>	<b>Diversidad q = 1 (Shannon)</b>	<b>Diversidad q = 2 (Simpson)</b>
<b>Disturbio (índice)</b>	-0.0789	-0.2733	-0.2080	-0.1023
<b>GAN</b>	<b>-0.5856</b>	-0.2854	0.0863	0.3293
<b>RAMO</b>	<b>-0.5810</b>	-0.4109	0.3123	<b>0.7383</b>
<b>COMP</b>	-0.2019	-0.4431	-0.3489	-0.1595
<b>CGAN</b>	0.5878	<b>0.7208</b>	<b>0.9442</b>	<b>0.7785</b>
<b>MACH</b>	0.1191	0.2400	<b>0.7304</b>	<b>0.8703</b>
<b>CCHU</b>	-0.0385	-0.2645	-0.1401	0.0024
<b>EROS</b>	-0.1441	-0.3702	-0.4589	-0.3855
<b>STOM</b>	-0.2497	-0.4928	-0.4048	-0.2013

**Tabla 5.** Valores de *P* de la matriz de correlación entre variables de disturbio y de la comunidad de abejas (Tabla 4).

	<b>Abundancia</b>	<b>Riqueza</b>	<b>Diversidad q = 1 (Shannon)</b>	<b>Diversidad q = 2 (Simpson)</b>
<b>Disturbio (índice)</b>	0.8996	0.6564	0.7371	0.8699
<b>GAN</b>	0.2996	0.6416	0.8903	0.5885
<b>RAMO</b>	0.3042	0.4920	0.6089	0.1543
<b>COMP</b>	0.7447	0.4549	0.5650	0.7977
<b>CGAN</b>	0.2972	0.1695	<b>0.0157</b>	0.1209

<b>MACH</b>	0.8487	0.6974	0.1611	<b>0.0550</b>
<b>CCHU</b>	0.9510	0.6672	0.8222	0.9969
<b>EROS</b>	0.8171	0.5396	0.4370	0.5216
<b>STOM</b>	0.6854	0.3990	0.4990	0.7455

**Tabla 6.** Residuales ajustados de la prueba de asociación de chi cuadrada entre la abundancia de cada familia de abejas y el sitio.

	Andrenidae	Apidae	Halictidae	Megachilidae
S1	-1.2020	1.8427	-1.5494	0.0876
S2	-0.9148	1.1005	0.2206	-0.5133
S3	-0.7815	-1.0466	1.4950	0.8616
S4	2.3848	0.3128	1.0859	<b>-3.1737</b>
S5	0.2223	-1.6995	-1.5124	<b>2.6158</b>

## 6. DISCUSIÓN

En este trabajo se estudió la estructura de la comunidad de abejas en cinco sitios de bosque tropical caducifolio sujetos a disturbio antropogénico. El muestreo de abejas estuvo enfocado en la vegetación herbácea y en cinco sitios donde ocurre disturbio crónico. El índice empleado incluye tres tipos de actividades que generan disturbio: ganadería, actividades humanas (aquí se incluye la agricultura) y deterioro del hábitat (Tabla 2) (Martorell y Peters 2005). De acuerdo a lo encontrado, en los sitios de estudio la principal fuente de disturbio es la ganadería, seguida por plantas que son taladas o cortadas a causa de las actividades humanas (Apéndice 1). La ganadería extensiva es una de las principales actividades económicas en la REBIOSH. El ganado forrajea en la vegetación natural durante la época lluviosa, mientras que en la de secas se les alimenta con esquilmos (residuos de los cultivos de maíz y sorgo de la agricultura de temporal) (Juárez-Delgado et al., 2018). Por lo tanto, esta práctica de ganadería extensiva tiene efectos directos en la vegetación natural, lo que genera efectos en cascada en las comunidades de abejas y otros insectos (Lázaro et al., 2016). La ganadería, a su vez, tuvo puntajes más altos en las variables de excretas de ganado (GANA) y compactación del suelo (COMP) (Apéndice 1), lo que indica que estas variables son importantes en los efectos ecológicos sobre los grupos de estudio. El disturbio varió ampliamente entre sitios (min = 1.24, máx = 100.12) y, aunque en índice no está acotado, se considera que sitios con un índice cercano a 100 son sitios altamente perturbados. El sitio 1, que fue el que mayor puntaje obtuvo, resalta entre los demás por un alto puntaje de compactación del suelo (Apéndice 1). La compactación del suelo se sabe que afecta a los ecosistemas porque dificulta el desarrollo de las raíces, la infiltración del agua, nutrientes y gases (INECC, 2007), lo que fomenta la erosión del suelo y a su vez, afecta negativamente a la cobertura vegetal. Considerando lo anterior, la comunidad de abejas, estaría afectada negativamente por la compactación del suelo por dos vías: i) la dinámica de la vegetación y ii) la disponibilidad de sitios de anidación para las abejas. Numerosas abejas, particularmente de hábito solitario, construyen sus nidos en el suelo, y la compactación limita las condiciones adecuadas para su construcción (Antone y Forrest, 2020). Por lo tanto, un análisis posterior que incluya la compactación del suelo podría ayudar a explicar si las abejas que anidan en el suelo son más sensibles a la compactación por ganadería.

Aunque las variables de disturbio que fueron medidas se ha observado que afectan la estructura de la comunidad de abejas, no se vio un patrón claro. Se encontró que la abundancia de abejas disminuye conforme aumenta la frecuencia en el excremento de ganado bovino y equino. Además, la abundancia de abejas disminuye conforme aumenta la frecuencia de plantas ramoneadas. Estas dos correlaciones negativas apoyan la hipótesis de que a mayor disturbio disminuye la abundancia de abejas. Esto indicaría que la presencia de ganado sí afecta de manera negativa a la abundancia de abejas. Sin embargo, ambas correlaciones tienen un valor de significancia por arriba del umbral de 0.05 (Tabla 4), por lo que no es posible rechazar la hipótesis nula de que las variables no están correlacionadas. En otras palabras, no es posible generalizar esta observación a la población estadística, sólo se puede considerar este patrón como válido en la muestra que se colectó. Si se repitiera el muestreo bajo las mismas condiciones, es posible que se encontrara un patrón diferente.

Contrario a la hipótesis que se planteó, cinco correlaciones de la matriz indican una relación positiva entre las variables de disturbio y de la comunidad de abejas (Tabla 3). Únicamente dos correlaciones sí apoyan la generalización de los patrones observados, que son: caminos ganaderos y diversidad de orden 1 ( $P = 0.015$ ) y plantas macheteadas y diversidad de orden 2 ( $P = 0.05$ ). Estos resultados indican que, mientras más caminos ganaderos se encuentren en el sitio, aumenta el número de especies de abejas efectivas o igualmente comunes (1D) y mientras más plantas macheteadas, aumenta el número de especies raras de abejas (especies poco frecuentes). La relación entre caminos ganaderos y abundancia de abejas podría deberse a que la ganadería tiene un efecto en cascada sobre la vegetación y, por lo tanto, sobre las comunidades de abejas (Lázaro et al. 20176). Por su parte, de entre las actividades humanas el macheteo de las plantas indica la apertura de claros en la vegetación, así como el rebrote de renuevos florales. Por lo tanto, los caminos ganaderos y el macheteo de las plantas favorecen la apertura de claros en la vegetación, lo que fomenta (i) el crecimiento y diversidad de plantas herbáceas, (ii) la incidencia de radiación solar, (iii) la diversidad de sitios de anidación y (iv) la diversidad de nichos ecológicos como producto de una mayor heterogeneidad espacial (Kimoto et al., 2012; Lázaro et al., 2016).

La evidencia reunida aquí sobre la relación entre el disturbio y la estructura de la comunidad de abejas es limitada, pero ofrece evidencia de algunos patrones. Se encontraron correlaciones positivas y negativas, lo que indica que la relación es compleja; por lo tanto, se

requiere hacer análisis detallado que se ofrece a continuación. En primer lugar, las dos correlaciones negativas ocurren con variables que indican presencia *directa* de ganado mayor en los sitios: excretas de ganado y ramoneo. Por su parte, las correlaciones positivas son con variables que indican la presencia *indirecta* del ganado en los sitios (caminos ganaderos y macheteo de plantas). En resumen, los resultados de este estudio sugieren que la diversidad de las abejas es mayor en sitios donde el ganado está presente de manera indirecta (donde transita el ganado, como lo indica la presencia de caminos), mientras que en sitios donde es más intenso el impacto de la ganadería la abundancia de abejas disminuye. Este resultado es similar a lo encontrado por Lasway et al (2022) en África, en donde la ganadería moderada incrementa la riqueza de especies porque se favorece la oferta de recursos florales. Este tipo de patrón se ha visto reflejado en otros estudios donde se compara la diversidad de abejas con algún agente de disturbio, en donde cierto nivel de disturbio favorece la abundancia, la diversidad y la riqueza, se ha documentado en comunidades de abejas y otros polinizadores (Lázaro et al., 2016; Olalde et al., 2015; Prado 2021), y apoya la teoría del disturbio intermedio. Según esta teoría, la relación de abundancia y diversidad de los organismos, en vez de ser lineal como el que se propuso en la hipótesis, sería más bien en forma de joroba (Svensson et al., 2012).

Los análisis de diversidad indican que en los muestreos no se alcanzó la completitud de la comunidad de abejas en cada sitio. Por lo tanto, para dilucidar mejor la relación entre la comunidad de abejas y el disturbio sería necesario realizar algunas acciones como las siguientes: (i) aumentar el esfuerzo de muestreo, (ii) medir variables directamente de la vegetación, como cobertura, diversidad, composición, (iii) aumentar el número de sitios de muestreo. Estos permitirían establecer relaciones más claras con las variables de la comunidad de abejas, en particular cuando se miden pocos sitios de estudio (p. ej. Carman y Jenkins (2016).

### **Diversidad de la comunidad de abejas**

Se encontró un total de 281 ejemplares de abejas y 81 especies, lo que indica un subconjunto de la comunidad de abejas encontradas previamente en el área (Martínez-Peralta et al., en preparación). En dicho estudio, se encontraron 107 especies de abejas (Martínez-Peralta et al., en preparación), lo que indica que la riqueza de especies de este estudio ( $S = 82$ )

corresponde al 77%. Los resultados de cobertura de la muestra indican que no se alcanzó una completitud satisfactoria considerando cada sitio por separado; por lo tanto, se requieren más horas/colector por sitio para alcanzar un muestreo representativo. Otro indicador de que se requiere un muestreo mayor es el porcentaje de singletons y doubletons en la comunidad total: según Coddington et al. (2009) en comunidades tropicales de artrópodos se espera alrededor de un 30% de singletons debido a un muestreo subóptimo, por la dificultad que representa el muestreo de estos organismos. Sin embargo, en este estudio el 52% de las especies son singletons, lo que sesga a la comunidad a la prevalencia de especies raras, y obstaculiza encontrar posibles patrones de diversidad entre sitios (Serramo-Lopez et al., 2012)

La familia más abundante fue Apidae, seguida de Megachilidae. Es común encontrar que la comunidad de abejas esté dominada por Apidae, dado que de todas las familias de abejas registradas en México esta es la familia más diversa (Poveda-Coronel et al., 2018; Ramos-Fabiel et al., 2018). Apidae es una familia con especies sociales y poliléticas (generalistas), por lo que es una familia frecuente en sitios con disturbio. Dentro de Apidae están *Apis mellifera* y *Trigonisca pipioli*, estas especies son la segunda y la quinta más frecuentes en el muestreo, respectivamente. Sin embargo, *Apis mellifera* estuvo en los cinco sitios, a diferencia de *T. pipioli*, que se encontró únicamente en dos sitios. *Apis mellifera* o abeja mielera está presente en prácticamente todo el mundo; originaria de Asia, ha invadido y colonizado todas las regiones geográficas (Huryñ 1997), y se la puede encontrar en hábitats naturales en colmenas sujetas a manejo o en colonias ferales. Por su parte, la especie *T. pipioli*, es de tamaño minúsculo, por lo que, similar a otras abejas pequeñas, tiene una capacidad limitada de vuelo y su colecta ocurre en sitios cercanos a sus nidos (Streinzer et al., 2016)

La familia Megachilidae fue la segunda más abundante y diversa. Esta familia contiene a las llamadas abejas cortadoras de hojas, pues numerosas especies recurren a fragmentos de hojas para construir sus nidos; además, suelen también requerir guijarros, lodo, aceites y resinas (Michener, 2007). Estas características hacen que Megachilidae sea frecuente en sitios que ofrezcan recursos florales y no florales de buena calidad, como sitios con vegetación conservada y continua (Potts et al., 2003; Chui et al., 2021) Para fines de este estudio, se eligieron sitios de muestreo con un evidente disturbio; sin embargo, están inmersos en una

matriz de bosque tropical caducifolio que forma parte de la REBIOSH, por lo que el bosque continuo y en buen estado de conservación se encuentra relativamente cerca. Por lo anterior, es plausible que Megachilidae, aún con un alto requerimiento de recursos florales y no florales de calidad, sea la segunda familia más diversa y abundante en este estudio. Dos especies de Megachilidae estuvieron entre las más frecuentes del muestreo: *Megachile reflexa* y *Megachile petulans*. *Megachile petulans*, presente en cuatro de los sitios de muestreo, se caracteriza por ser de tamaño mediano, y ser una especie poliléctica, pues forrajea en al menos seis familias botánicas (Discover Life, 2022). Esto quiere decir que es una especie que resiste en cierta medida al disturbio, pues puede forrajear en una amplia diversidad de especies vegetales.

La familia Halictidae fue la cuarta familia más abundante y la tercera en número de especies. En esta familia son frecuentes las especies pequeñas y polilécticas (Engel 2000) y, por lo tanto, con cierta resistencia al disturbio (Broussard, 2012). Andrenidae, por su parte es la tercera más abundante y la cuarta en riqueza de especies. Las especies de esta familia forrajean comúnmente en plantas herbáceas, como Asteraceae. Una especie de esta familia, *Andrena* sp1, fue la más común en el muestreo con 26 individuos, particularmente frecuente en los sitios 4 y 5. Se ha documentado que algunas especies del género *Andrena* son frecuentes en sitios con alta intensidad ganadera (Kimoto et al., 2012). Las especies de *Andrena* son polilécticas y anidan en el suelo, por lo que su preferencia por los sitios con ganadería no es aún clara. La familia Colletidae fue la que tuvo menor representación en los muestreos, similar a otros estudios (Poveda-Coronel et al., 2018)

## 7. CONCLUSIONES y PRESPECTIVAS

- De los tres tipos de actividades que generan disturbio, se encontró que la ganadería es la principal fuente de disturbio en los sitios estudiados
- La presencia directa del ganado, sugerida por la presencia de excretas y ramoneo de plantas, disminuye la abundancia de las abejas
- La presencia indirecta del ganado (frecuencia de caminos ganaderos) y el macheteo de plantas (como indicador de la extracción de leña) favorecen la diversidad de orden 1 y 2, respectivamente
- La presencia de *A. mellifera* en todos los sitios de estudio, y *Andrena* sp. como la especie más frecuente en el muestreo, son indicadores de que los sitios se encuentran bajo disturbio crónico.
- Apidae como la familia más diversa y abundante, seguida de Megachilidae, es un patrón encontrado en otros estudios de bosque tropical caducifolio.
- La evidencia encontrada sugiere que la respuesta de las comunidades de abejas del bosque tropical caducifolio apoyaría la teoría del disturbio intermedio.
- Se requiere un mayor esfuerzo de muestreo para tener una comunidad de abejas representativa en cada sitio.
- Estudios que incluyan atributos de historia de vida de las abejas como hábitos de anidación, hábito social y especialización en su alimentación ayudarían a entender con mayor detalle la respuesta de este grupo al disturbio.

## 8. LITERATURA CITADA

- Antoine, CM. & Forrest, JRK. (2020). Nesting hábitat of ground-nesting bees: a review. *Ecological Entomology* 46: 143-159. DOI: <https://doi.org/10.1111/een.12986>
- Beltrán, M. J. (2014). Escarabajos pasalidos (*Coleoptera: passalidae*) en un gradiente de disturbio en los robledares del parque municipal de tipacoque- Boyaca. Facultad de ciencias, departamento de Biología. Universidad nacional de Colombia.
- Borusard, M. (2012). Foragingin disturbed hábitats: study of sweat bees (hymenoptera: halictidae) in oregon. Tesis de maestria. Oregon state university. EE.UU. Disponible en: [edu/concert/graduatetesisordissertation/2r36v2284](http://eduardo.concert/graduatetesisordissertation/2r36v2284).
- Brosi, B. J., Shih, T. M., & Billadello, L. N. (2008). Polinización biótica y cambios en el uso de la tierra en paisajes dominados por humanos. *Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica*, 105.
- Cagnolo, L. & Valladares, G. (2011). Fragmentación del hábitat y desensamble de redes tróficas. *Revista Ecosistemas*, 20(2-3).
- Cane, J. H., Minckley, R. L., Kervin, L. J., Roulston, T. A. H., & Williams, N. M. (2006). Complex responses within a desert bee guild (Hymenoptera: Apiformes) to urban habitat fragmentation. *Ecological Applications*, 16(2), 632-644.
- Carman, K, Jenkins. DG. (2016). Comparing diversity to flower-bee interaction networks reveals unsuccessful foraging of native bees in disturbed habitats. *Biological Conservation* 202: 110-118. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.08.030>
- Coddington, JA., Agnarsson, I., Miller, JA., Kuntner, M, & Hormiga, G. (2009). Undersampling bias: the null hypothesis for singleton species in tropical arthropod surveys. *Journal of Animal Ecology* 78: 573-584. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2009.01525.x>

Discover Life. *Megachile petulans*. (2022). Disponible en: <https://www.discoverlife.org/20/q?search=Megachile+petulans>. Acceso: 11 de octubre de 2022.

Domínguez, Á. A., Cano, Z. & Ayala, R. (2009). Estructura y fenología de la comunidad de abejas nativas (Hymenoptera: Apoidea). *Div. de hàbitats y Ecol. de comunidades*, 421-432.

Ecological entomology. (2021). DOI: 10.1111/een. 13103. INVITEDREVIEW Funtional resing use in solitary bees SHAXIONGHIU. ALEXSANDERKELLER. SARAD. EEOUNHARDT.

Escolastico, L. C., Cabildo. M. P., Claramunt. V. R. & Claramunt. V. T. (2013) Ecología II: Comunidades y Ecosistemas. Unidad didáctica III Ecología de comunidades (pp. 19-20). Madrid, España.

Everitt, B, S. (1992). The analysis of contingency tables. Chapman y hall. Second edition. New york.

Engel, S, M. (2000). Classification of the Bee tribe Augochlorini (Hymenoptera: halictidae), Bulletin of America museum of natural history. ISSN. 0003-0090.

Fernández, M. C. S., Munévar, D. I., Sánchez, A. O., Moreno, E. E., & Cadenas, A. N. A. (2007) Una visita a la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla (Morelos, México).

Fernández, D. C., & Zambrano, G. (2011) Abejas silvestres como estrategia de Monitoreo de Restauración ecológica en tres veredas del corregimiento la Gallera (tambo, cauca), zona de Amortiguación del parque nacional Natural Munchique. 15 (1): 51 – 59

Franco – Lopez. J. (2005). Ecología y conservación: Laboratorio y campo. Trillas 2 ed. México

Halffter, G. (1994). ¿Qué es la biodiversidad? *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 5-14.

- Harrell, FE. (2022). Package Hmisc. Available at: <https://hbiostat.org/R/Hmisc/>
- Hernández, O, J.G., Chávez, R., & Sánchez, E. (2007). Efecto del disturbio crónico en *Echinocereus schmollii* (Weing.) NP Taylor, una cactácea en peligro de extinción en el Semidesierto Queretano. *Zonas Áridas*, 10, 59-67.
- Hsieh, TC., Ma. KH, & Chao, A. (2016). iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution* 7:1451-1456.
- Hury, B. V. (1997). Ecological impacts of introduced honey bee. *The quarterly review of Biology*. Vol. 72 No. 03.
- INECC [Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático]. (2007). Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/21/reforest.html>. Fecha de consulta: 01 septiembre 2022.
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos* 113:363-375.
- Juárez-Delgado, JC., Monroy-Martínez, R., Colin-Bahena, H, Monroy-Ortiz, R, & Dorado-Ramírez O. (2018). Los subsidios de las unidades productivas tradicionales a la ganadería extensiva en Huautla, Morelos, México. *Polibotánica* 46:327-340.
- Kimoto, C., DeVano, J, S., Thorp, R. W., Taylor, V, R., Schmailz, H., DelCuarto, T., Johnson, T., Kennedy, L, P. & Rao, S., (2012). Short-term responses of native bees to livestock and implications for managing ecosystem service in Grassland. *ECOSPHERE*. 3 (10): 88.
- Larkin, LL, Neff, Simpson, B.B., (2008). The evolution of a pollen diet. Host choice and diet breadth of *Andrena* bees (Hymenoptera: Andrenidae) *Apidologie*. 39: 133-145.DOI: 10.1051/Apido:2007064.
- Lasway, V. J., Steffath, D. I., Njovo, K. H., Kinabo, N. R., Eadley, P A. & Marcell. P. K. (2022). Positive effects of low grazing intensity on east African bee assemblages

mediated by increases in floral resources. *Biological conservation*. Volume. 267.109490.

Lázaro, A., Tscheulin, T., Devalez, J., Nakas, G. & Petanidou, T. (2012). Effects of grazing intensity on pollinator abundance and diversity, and on pollination services. *Ecological Entomology* 41(4): 400-412.

Leong, J., & Thorp, R. W. (1999). Colour-coded sampling: the pan trap colour preferences of oligolectic and nonoligolectic bees associated with a vernal pool plant. *Ecological Entomology*, 24(3), 329-335.

LLoret, F., & Siscart, D. (1995). Los efectos demográficos de la sequía en poblaciones de encina. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (2).

Longcore. (2010). Extracting useful data from imperfect monitoring schemes: endangered butterflies at San Bruno Mountain, San Mateo County, California (1982-2000) and implications for habitats. Management. DOI 10/510841-010-9263-9.

Manson, R. H., Peláez, E. J., Espinoza, M. J. & Sandoval, C. E. (2009). Perturbaciones y naturales: impactos sobre las ecorregiones, la biodiversidad y el bienestar socioeconómico. *Capital de México*, 2, 131-184.

Marquez, J. & Morrone, J. J., (2003). Análisis Panbiogeográfico de las especies de *Heteroinus* y *Homaloninus* (Coleoptera: staphylinidae: Xantholinini) *Acta Zoológica mexicana* (n.s) 90:15-23.

Martorell & Peters, (2005). The measurement of chronic disturbance and its effects on the threatened cactus *Mammillaria Pectinifera*. *Biological conservation* 124 199-707.

Michener, C. D., (2000). *The Bees of The World*. The Johns Hopkins University Press. Estados Unidos de América. P. 62-65.

Moreno, C. E. (2007). Diversidad de especies a escala de paisaje: un ejemplo con ensamblajes de murciélagos Neotropicales. *Tópicos en sistemática, biogeografía, ecología y conservación de mamíferos. México*, pp. 81-96.

- Moreno, CE., Barragán, F., Pineda, E., Pavón, NP. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa...  
Revista Mexicana de biodiversidad 82: 1294-1261.
- Moreno, CE., Barragán, F., Pineda, E., Pavón, NP. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa...  
Revista Mexicana de biodiversidad 82: 1294-1261. (2011). Recibido 17 de agosto 2010; aceptado: 11 de mayo 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. Reanalyzing Alpha diversity: alternatives to understand and compare information about ecological communities.
- Nates, P. G. (2005). Abejas silvestres y polinización. Manejo integrado de plagas y Agroecología (costa rica) 78 p 7-20
- Nates, P. G. E. & Parra, A. (2008). Efecto del cambio del paisaje en la estructura de la comunidad de abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae) en Meta, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 56(3), 1295-1308.
- Olalde, E. I., Cano, S. Z., Castellanos, V. I., Balboa, A. C., (2015). Variación espacio-temporal en la densidad y diversidad de abejas en sitios de bosque caducifolio sujetos a disturbio en el ejido de San Jose Tilapa, Pue. *Ecología y comportamiento*. Vol. 2: 533-539
- Olalde, E. I. (2015) variación espacio-temporal en la densidad y diversidad de abejas en sitios de bosque caducifolio sujetos a disturbio en el ejido de san jose tilapa, pue. (tesis de licenciatura) facultad de ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Palacios, M, E. (2004). Estructura de la comunidad de abejas sin aguijón en tres unidades de paisaje del Piedemonte Llanero Colombiano (Meta, Colombia). (Tesis de Licenciatura). Pontificia Universidad Javeriana. Departamento de Biología.
- Pineda Vázquez, G. (2006). Estimación de la densidad poblacional del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus mexicanus*) en selva baja caducifolia, zona de amortiguamiento de la reserva de la biosfera Sierra de Huautla, Morelos. (tesis doctoral inedita). División de agronomía departamento de botánica. Universidad Autónoma Agraria.

- Potts, SG., Volliamy, B., Dafny, A., Nereman, G., & Willmer, P. (2003). Lisking bees and flowers: ¿how do floral communities structure pollinators communities? *Ecology* 84(10):268- 2642. DOI: <http://doi.org/10.1890/02-0136>.
- Poveda-Coronel CA, Riaño-Jiménez D, Cure JR. (2018). Diversity and phenology of wild bees in a highly disturben tropical dry forest “Desierto de la Tatacoa”, Huila-Colombia. *Neotropical Entomology* 47: 786-790.
- Prado, M. A., Urrego L.E., Durán L.I. & Hernández J. (2021). Effect of climate seasonality and vegetation cover on floral resource selection by two stingless bee species. *Apidologie* 52(5): 974-989.
- R Core Team. (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.
- Ramírez, Freie. I. (2012) abejas nativas (*hymenoptera; antyophila*) asociadas a la vegetación del estado de Nuevo León, México (tesis doctoral inédita) facultad de ciencias biológicas. Universidad autónoma de Nuevo León.
- Ramos-Fabiel, MA, Pérez-García EA, González EJ, Yáñez-Ordoñez O, Meave JA. (2018). Successional dynamics of the bee community in a tropical dry forest: Insights from taxonomy and functional ecology. *Biotropica* 51(1):62-74.
- Reyes-Novelo, E., Ramírez, V. M., González, H. D., & Ayala, R. (2009). Abejas silvestres (*Hymenoptera: Apoidea*) como bioindicadores en el neotrópico. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 10(1), 1-13.
- Rodriguez, F. (2002). Apicultura para pequeños emprendedores, manual teórico-practico para el manejo comercial de las abejas. (pp. 9-10).
- Serrano, L. L., Aguilar, F. M., Olivera, M. D., Torre, D. A. & Ruil, P. (2012). The relationship between porcentaje of singletons and sampling effont: a new apprach to reduce the Blas of richness estimates. *Ecological indications*. Volime 14 (pp. 164-169).

- Simó, M., Laborda, Á., Jorge, C., & Castro, M. (2011). Las arañas en agroecosistemas: bioindicadores terrestres de calidad ambiental. *Innotec*, (6), 51-55.
- Sáez, A., Sabatino, M. & Aizen, M. (2014). La diversidad floral del borde afecta la riqueza y abundancia de visitantes florales nativos en cultivos de girasol. Asociación Argentina de ecología. *Ecología austral*. 24:94-102. (pp 1-3).
- Streinzer, M., Huber, W. & Spaethe, J. (2016). Body size limits diel-light foraging activity in stingless bees (Apidae: meliponinis). *Jcomp physiol. A* 202.643-655. (2016). <http://doi.org/10.1007/500359-016-1118-8>.
- Svensson, JR., Lindegarth, M., Jonsson, PR., Pavia, H. (2012). Disturbance-diversity models: what do they really predict and how are they tested? *Proceedings of the Royal Society B* 279: 2163-2170. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2011.2620>
- Ugalde-Lezama, S., Valdez-Hernández, J. I., Ramírez-Valverde, G., Alcántara-Carbajal, J. L., & Velázquez-Mendoza, J. (2009). Distribución vertical de aves en un bosque templado con diferentes niveles de perturbación. *Madera y bosques*, 15(1), 5-26.
- Valverde, P. L., Zavala-Hurtado, J. A., Jiménez-Sierra, C., Rendón-Aguilar, B., Cornejo-Romero, A., Rivas-Arancibia, S., ... & Pérez-Hernández, M. A. (2009). Evaluación del riesgo de extinción de *Mammillaria pectinifera*, cactácea endémica de la región de Tehuacán-Cuicatlán. *Revista mexicana de biodiversidad*, 80(1), 219-230.
- Vega, E., & Peters, E. (2003). Conceptos generales sobre el disturbio y sus efectos en los ecosistemas. *Conservación de ecosistemas templados de montaña de México*. *Diplomado en Conservación, manejo y aprovechamiento de vida silvestre. Instituto Nacional de Ecología/SEMARNAT. México*, 137-151.
- Winfree, R., Griswold, T., & Kremen, C. (2007). Effect of human disturbance on bee communities in a forested ecosystem. *Conservation Biology*, 21(1), 213-223.

## 9. APÉNDICE

**Apéndice 1.** Índice de disturbio de Martorell y Peters (2005) obtenido por la actividad ganadera (AG) en los sitios de estudio

<b>Ganadería</b>	<b>Sitio 1</b>	<b>Sitio 2</b>	<b>Sitio 3</b>	<b>Sitio 4</b>	<b>Sitio 5</b>
<b>CABR</b>	0	0	0	0	0
<b>GANA</b>	14.2	18.37	15.21	15.76	15.95
<b>RAMO</b>	0.54	0.67	0.48	0.29	0.27
<b>COMP</b>	3.32	0.27	0.48	0.29	0.27
<b>CGAN</b>	0.1	0.1	0.3	0.1	0.01

**Apéndice 2.** Índice de disturbio de Martorell y Peters (2005) obtenido por las actividades humanas (AH) en los sitios de estudio.

<b>Actividades humanas</b>	<b>sitio 1</b>	<b>sitio 2</b>	<b>sitio 3</b>	<b>sitio 4</b>	<b>sitio 5</b>
MACH	0.27	0.38	0.51	0.10	0.27
INCE	0	0	0	0	0
CCHU	0.27	0	0.08	0	0

**Apéndice 3.** Índice de disturbio de Martorell y Peters (2005) obtenido por el deterioro del hábitat en los sitios de estudio

<b>Deterioro del hábitat</b>	<b>Sitio 1</b>	<b>Sitio 2</b>	<b>Sitio 3</b>	<b>Sitio 4</b>	<b>Sitio 5</b>
<b>EROS</b>	3.33	0	0	1.32	0
<b>ISLA</b>	0	0	0	0	0
<b>STOM</b>	0.08	0	0	0	0

**Apéndice 4.** Listado de especies de abejas colectadas en cinco sitios de bosque tropical caducifolio de la REBIOSH.

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Frecuencia</b>		
Andrenidae	<i>Andrena</i> sp 1	26		
	<i>Andrena</i> sp 2	1		
	<i>Protandrena</i> sp1	3		
	<i>Protandrena</i> sp2	8		
	<i>Pseudopanurgus pterosaurus</i>	2		
	<i>Pseudopanurgus</i> sp1	1		
	<i>Pseudopanurgus</i> sp2	4		
	<i>Pseudopanurgus</i> sp3	1		
	<i>Pseudopanurgus</i> sp4	2		
Apidae	<i>Anthophora</i> sp1	1		
	<i>Anthophora</i> sp2	1		
	<i>Anthophora</i> sp3	1		
	<i>Anthophorula</i> aff <i>morgani</i>	1		
	<i>Apis mellifera</i>	23		
	<i>Bombus steindachneri</i>	7		
	<i>Centris agameta</i>	1		
	<i>Centris</i> sp1	2		
	<i>Centris</i> sp2	1		
	<i>Centris varia</i>	2		
	<i>Ceratina sternua</i>	5		

	<i>Diadasia rinconis</i>	1		
	<i>Epeolini sp1</i>	1		
	<i>Epicharis elegans</i>	4		
	<i>Friesomelitta nigra</i>	3		
	<i>Melissodes druriella</i>	1		
	<i>Melissodes sp2</i>	2		
	<i>Melissodes tepaneca</i>	4		
	<i>Scaptotrigona sp1</i>	2		
	<i>Tetraloniella salviae</i>	8		
	<i>Tetraloniella sp1</i>	2		
	<i>Trigonisca pipioli</i>	13		
	<i>Xylocopa fimbriata</i>	2		
	<i>Xylocopa guatemalensis</i>	3		
	<i>Xylocopa sp1</i>	1		
	<i>Xylocopa sp2</i>	1		
Colletidae	<i>Colletes sp1</i>	3		
	<i>Colletes sp2</i>	4		
Halictidae	<i>Augochlora smaragdina</i>	1		
	<i>Augochlora sp1</i>	1		
	<i>Augochloropsis sp1</i>	1		
	<i>Augochloropsis sp2</i>	1		
	<i>Augochloropsis sp3</i>	1		
	<i>Halictidae sp1</i>	3		

	<i>Halictidae</i> sp2	3		
	<i>Halictidae</i> sp3	3		
	<i>Halictidae</i> sp4	1		
	<i>Halictidae</i> sp5	1		
	<i>Halictidae</i> sp6	1		
	<i>Halictidae</i> sp7	1		
	<i>Halictus ligatus</i>	2		
	<i>Halictus</i> sp1	1		
	<i>Halictus</i> sp2	1		
Megachilidae	<i>Anthidiellum azteca</i>	5		
	<i>Anthidiellum discophorum</i>	9		
	<i>Anthidiellum</i> sp1	1		
	<i>Ashmeadiella</i> sp1	3		
	<i>Dianthidium macrurum</i>	1		
	<i>Megachile anthodioctes</i>	1		
	<i>Megachile chichimeca</i>	1		
	<i>Megachile frugalis</i>	2		
	<i>Megachile lithurge</i>	1		
	<i>Megachile petulans</i>	18		
	<i>Megachile reflexa</i>	14		
	<i>Megachile</i> sp1	1		
	<i>Megachile</i> sp2	1		
	<i>Megachile</i> sp3	1		

	<i>Megachile</i> sp4	1		
	<i>Osmia</i> sp1	2		
	<i>Paranthidium</i> sp1	1		
	<i>Paranthitium gabbi</i>	2		
	<i>Trachusa pueblana</i>	2		



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



El Jicarero, Jojutla, Morelos, 18 de abril 2023

**DRA. DULCE MARÍA ARIAS ATAIDE**  
**DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES**  
**PRESENTE.**

Por este conducto comunico a Usted, que he revisado el documento que presenta el Pasante de Licenciado en Ciencias Ambientales: **C. Leonardo Hernández Bautista**, con el título del trabajo: "COMUNIDAD DE ABEJAS EN SITIOS DE BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO SOMETIDOS A DIFERENTES NIVELES DE DISTURBIO".

En calidad de miembro de la comisión revisora, expreso la siguiente decisión:

VOTO A FAVOR: \_\_\_\_\_ X \_\_\_\_\_

VOTO EN CONTRA: \_\_\_\_\_

NECESITA ARREGLAR O ELIMINAR ALGO: \_\_\_\_\_

COMENTARIOS: \_\_\_\_\_

**FIRMA**

BIÓL. JOSÉ ERNESTO GASPAR DOMÍNGUEZ

\_\_\_\_\_

DRA. MA VENTURA ROSAS ECHEVERRÍA

\_\_\_\_\_

DRA. CONCEPCIÓN MARTÍNEZ PERALTA

\_\_\_\_\_

DR. FERNÁNDO VARELA HERNÁNDEZ

\_\_\_\_\_

DR. HUMBERTO REYES PRADO

\_\_\_\_\_



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**CONCEPCION MARTINEZ PERALTA | Fecha:2023-04-18 20:21:02 | Firmante**

peiRHPxMwikjEjPhQOBTNOkxHwpocVktXsoywRM2LHW4Q8F8OJSComUdm3XEmlOP937Yf8ZFHExp2jC5DGcFpnECFuxRxpq5LN2YvNdNCPRoct0yOoopdAbd6bJmMrH5MFWssGpMP/PIQuicEJZsicmcqU2WY+Tb0EanwtTb3kO+1r++gO+6wDhlwmdlF9n7wd0YmDrCu5kyheulgllYvRzrofpdpdAYqv/HXT2mE3qJkncWNohE98gfs8FT4bloO09ohR6snk+ekUql5d8QLPu02s9NO7G+egl2TPlbY6EotK625Ycx5hBwwMLMSqGMP6s/JnLa/JsLRA8JKj/VQ==

**JOSE ERNESTO GASPAS DOMINGUEZ | Fecha:2023-04-19 08:40:22 | Firmante**

Eh2Mkh9AMM9iS86NUjU9H7VksFbkQ3A2vD96aDkOz1viH5stjf07Ro8NE91Uy+NQ+yOQWVj33ySixkGf0nS0e4JGhAjCySIY5M9IG4fUnBM5zOPrvLCFqBVCyCMAaTixxkjPAQAvFD3cwGQHGP6mODEyjq/hKnFFZmbgxWJqTaDh/hnUvTC4zZOZBp7lwSPtrNKEfehT5ORT7TAtsk4a4nWfNGIuzDSvW3IosdMqLkeXwEKm25i342LGAgoAGagUs5mp7QsdbtNV2kubkm1KEiqPbCY6ieJZ5DL+mb0Zz3w66k+LGS1vazt/QIBo5kVRBu20pIMwnYK9mma/xxQA==

**HUMBERTO REYES PRADO | Fecha:2023-04-22 10:17:36 | Firmante**

Hc4I7Rbt1GI609+AKKctJpG8vIXvTPc6iiUnMsJWZKF2U7gri7RFJAAja0ITf4plsWxtO3EznxpL6O9obDxbB/BtWS1V1ZWa83MMhQOJcf6kO0JUv1HBWn1cH9+649XWQef1r8uZaH55IMhp2DvWQjOrJuU6qxcEMDNpZih0+UNmEjZ75fD9TSuWs3ABWhzD7Q/AWAqmr3bHWmf4P7dG72L/CmwjWV1Zpqzek0RHLKlk0lkk2ciys6yArq1/p983t/jbgU7Y/D7pGNCGWHxskU/K2l2oti+t2yWWWiOFFD2RUJF5OKbutBke/QBY6VOAVK6NcgvYUT6GbjxZgQHq==

**FERNANDO VARELA HERNÁNDEZ | Fecha:2023-04-24 13:52:19 | Firmante**

h8OGiUAR/tNHk0rENMAVwevXs875eSRTp27dRVxx39U0HxQWf6bUUCRPxhKYCvGfXmc5mclKxgzxAKymv5vOdbookcW1MWFrdR+9O+FTMoGHUchDaT8B7jd9Mpl6t8rcbXIXVYrvB7MnMTzFBG2yRtVUDFmS+5pljtXMFjdBGtjLDU8oCEN8aWie28rAU4t3r/DIDGkjCmf7PYNKrpHnjBwrjnYV3+YgO0KP22KvmCLd/90Jd7gMa1F7wC663niWMFTrCkvXZLI7P14r32tsUVQ/9DQ+XiwqPu1TLxDwlUG3E8R04+AdSqmDkR19zkLXh6LZ2tLt/as6BuD1OrPUA==

**MA VENTURA ROSAS ECHEVERRIA | Fecha:2023-04-25 18:13:31 | Firmante**

SHCGm6BwRErsrHQxQyKZVW8orCzRqTMEVwfxpQ5JyLENQsGmX8dh6KTEMOdw38xcqZNCwqoq5xCHTI4i5gHyx3WRYhX0ZPI/gMP1ZTIRJvH+mHT0yVYDsjV0VxwU9TDXadpFIGwvScJEwhPpxX8LTxTbU94oR5AAyS3qJjDyUzppghDpVAFzFMecRWy8SkVZC+VnPtJS/9Vnr4Allg3byGzgWO8G6oktB9C0Z+BjgXIYbzx35GSA8pAlrP7a4xx1R8ctrSRS7YgMh+SeJ457oez9ie8S5J5DECDgl1rfmf+VSLRouCDaOsEwbIVLeTkVQ6aPwkTTCaUPlimyGKTOW==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



STVUH9Nsd

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/usMi7buYlhAMjDzE1BkbnSlwuiCNxHK9>

