

VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL EN LA DENSIDAD Y DIVERSIDAD DE ABEJAS EN SITIOS DE BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO SUJETOS A DISTURBIO EN EL EJIDO SAN JOSÉ TILAPA, PUE.

✉ **Isai Olalde-Estrada¹, Zenón Cano-Santana¹, Iván Israel Castellanos-Vargas¹, Carlos César Balboa-Aguilar².**

¹Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, UNAM, Ciudad Universitaria, 04510 México, D.F.

²Estación de Biología Chamela, Instituto de Biología, UNAM, A.P. 21, 48980 San Patricio, Jalisco.

✉ Correo: lobo14_oe@ciencias.unam.mx.

RESUMEN. Las abejas son el principal grupo de polinizadores a nivel mundial, por lo que son importantes en ecosistemas naturales y en diferentes cultivos. Sin embargo, se ven afectadas por múltiples disturbios antropogénicos, lo que ha orillado a una crisis mundial de polinizadores. Se estudió la variación espacio-temporal de la densidad y diversidad de abejas en sitios de selva baja caducifolia sujetos al forrajeo por ganado caprino, y uno de ellos asentado en un sitio que ocupó un basurero. Se observó una mayor densidad de ejemplares y tasa de captura de especies en el sitio con mayor disturbio, lo que puede deberse a la alta disponibilidad de suelo para construir nidos, la ausencia de obstáculos que facilita el encontrar las flores y a la poca extensión que ocupó el basurero removido.

Palabras clave: Trampas jabonosas de color, Ganado caprino, Variación diurna.

Spatial and temporal variation in the density and diversity of bees in tropical deciduous forest sites subject to disturbance in the ejido San José Tilapa, Pue.

ABSTRACT. Bees are the main group of pollinators in the world, making them important in natural ecosystems and to different crops. However, multiple anthropogenic disturbances affect them, causing the global pollinator crisis. We evaluated the spatial and temporal variation in the density and diversity of bees in tropical dry forest sites with grazing by goats, and one of them also settled in a removed dump. The most disturbed site had higher density and species capture rate than the other sites, what can be explained because of the available ground to build nests, lack of obstacles that facilitate finding flowers and the small area that was occupied for the dump.

Key words: Pan traps, Goats, Diurnal variation.

INTRODUCCIÓN

Las abejas (Hymenoptera: Apoidea) comprenden alrededor de 20,000 especies y son el principal grupo de polinizadores en el mundo (Michener, 2007). Además, son un componente importante en el funcionamiento de los ecosistemas y muy útiles para la humanidad, ya que polinizan diferentes cultivos (Michener, 2007). Desafortunadamente, diferentes disturbios antropogénicos, como la modificación y destrucción de hábitats provocados por la urbanización, la agricultura, el uso de pesticidas, la fragmentación y los incendios afectan a las abejas causando una crisis mundial del servicio ambiental de polinización (Kearns *et al.*, 1998; Williams *et al.*,

2010). Por lo anterior, es importante realizar esfuerzos de investigación y conservación de los polinizadores en diferentes ecosistemas que permitan conocer mejor la respuesta de este grupo funcional ante los disturbios (Kearns *et al.*, 1998).

El objetivo del presente trabajo fue determinar la variación espacio-temporal de la densidad y diversidad de abejas en sitios de bosque tropical caducifolio sujetos a disturbio (por ganado caprino, extracción de recursos naturales y depósito y posterior extracción de basura) pertenecientes al ejido San José Tilapa, municipio de Coxcatlán, Pue.

MATERIALES Y MÉTODO

Este proyecto se realizó al sureste del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, en el ejido de San José Tilapa, Coxcatlán, Pue. (18° 10' 18''—18° 12' 57'' N, 97° 07' 05''—97° 09' 08'' O, 912—1013 m s.n.m.). El clima es seco o árido cálido, con lluvias en verano (García, 2004) y una temperatura media anual de 22.8°C, una precipitación promedio anual de 400.6 mm así como una temporada de lluvias de junio a septiembre y una seca de octubre a mayo. Los tipos de vegetación dominantes en la zona de estudio son el matorral xerófilo, bosques de cactáceas columnares y bosque tropical caducifolio, destacando sobre todo ésta última (Guevara, 2011).

Dentro del ejido se seleccionaron cuatro sitios de estudio en tres poblados distintos: 1) Guadalupe Victoria (GV), 2) San Rafael (SR), y San José Tilapa, con dos sitios de estudio: 3) Presa del Purrón Referencia (PR) y 4) Presa del Purrón Ex-Basurero (EB). Este último sitio experimentó el desecho y posterior retiro de basura en un espacio aproximado de 2 ha, donde la vegetación se vio gravemente afectada. El sitio PR se encuentra a 30 m de EB y representa un sitio de referencia para éste. Los sitios PR, GV y SR presentan incidencia por ganado caprino. En cada sitio se delimitaron tres parcelas de 20 × 20 m, distanciadas entre 30 m (en EB) y 500 m (en SR y GV) entre sí, tanto como lo permitía el tamaño de la zona.

Se realizaron colectas en cuatro temporadas: septiembre y diciembre de 2012, y marzo y junio de 2013. Se usaron dos métodos de captura. El primero fue utilizando trampas jabonosas de colores, para lo cual se colocaron ocho trampas por parcela, cuatro de color morado y cuatro de color amarillo distanciadas entre sí 5 m. Se colocaron un solo día por cada temporada de muestreo, a partir de las 6:30 h y se retiraron a partir de las 17:30 h siguiendo el mismo orden que se usó al colocarlas. El segundo método de captura fue el uso de redes entomológicas aéreas. Éste se organizó en tres horarios de muestreo: mañana (8:30-11:29), medio día (11:30-14:29) y tarde (14:30-17:30). La unidad de colecta fue 1 h colector, y se acumularon 2 h colector por parcela, con el cuidado de que éstas no fueran consecutivas.

Se hicieron cuatro Andevas factoriales para conocer el efecto del sitio, la temporada, el color o el horario (dependiendo del tipo de muestreo) sobre (1) el número de especies por trampa (densidad de especies), (2) número de ejemplares por trampa (densidad de ejemplares), (3) tasa de captura de especies (no. de especies por h colector) y (4) tasa de captura de ejemplares (no. de especímenes por h colector). La riqueza y diversidad de abejas se estimó a partir de los parámetros (2) y (4).

RESULTADOS

Se capturaron 606 abejas: 293 con trampas jabonosas de colores y 313 con redes entomológicas. Se reconocieron 65 especies, de las cuales se identificaron a nivel genérico el 74% de ellas y a nivel específico el 26%. Las especies más abundantes fueron: *Ashmeadiella bequaerti* Cockerell, 1931 (22.8%), *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (19.1%) y *Lasioglossum (Dialictus)* sp. 1 (14.5%).

Se encontró un efecto significativo de la temporada ($F_{(3, 337)}=42.951, P<0.001$), el color ($F_{(1, 337)}=49.997, P<0.001$) y la interacción temporada \times color ($F_{(3,337)}=5.509, P=0.001$), así como un efecto marginalmente significativo de la interacción sitio \times temporada ($F_{(9,337)}=1.725, P=0.082$), pero no del sitio ($F_{(3, 337)}=0.314, P=0.816$; Fig. 1a), la interacción sitio \times color ($F_{(3, 337)}=1.364, P=0.254$) ni la interacción sitio \times color \times temporada ($F_{(9, 337)}=0.733, P=0.679$) sobre la densidad de ejemplares (No./trampa). En junio se registró la mayor densidad de abejas. Las trampas de color morado ($1.23 \pm e.e. 0.14$ ind/trampa) registraron 3.5 veces más abejas que las de color amarillo (0.35 ± 0.06 ind/trampa). En septiembre, marzo y junio se capturaron más abejas en las trampas de color morado que en las amarillas, pero en diciembre no hubo diferencias significativas entre colores de trampas (Fig. 1b).

De forma similar, se encontró un efecto significativo de la temporada ($F_{(3, 337)}=27.604, P<0.001$), el color ($F_{(1, 337)}=50.084, P<0.001$) y la interacción temporada \times color ($F_{(3,337)}=3.036, P=0.029$), pero no del sitio ($F_{(3,337)}=0.217, P=0.884$; Fig. 2a), de la interacción temporada \times sitio ($F_{(9, 337)}=1.479, P=0.154$), la interacción sitio \times color ($F_{(3,337)}=0.529, P=0.662$) ni la interacción sitio \times color \times temporada ($F_{(3,337)}=0.750, P=0.663$) sobre la densidad de especies (No. especies/trampa). En junio se encontró la densidad de especies más alta. La densidad de especies capturada en las trampas de color morado (0.834 ± 0.085 spp./trampa) fue 3.4 veces mayor a la registrada con las de color amarillo (0.247 ± 0.039 spp./trampa). Este patrón se mantuvo en cada muestreo, excepto en diciembre, mes en el que no hubo diferencias significativas entre colores de trampa (Fig. 2b).

Por otra parte, se encontró un efecto significativo del sitio ($F_{(3, 240)}=12.606, P<0.001$), de la temporada ($F_{(3, 240)}=12.209, P<0.001$) y de la interacción temporada \times horario ($F_{(6, 240)}=2.973, P=0.008$), así como un efecto marginalmente significativo del horario de muestreo ($F_{(2, 240)}=2.403, P=0.093$), pero no de la interacción temporada \times sitio ($F_{(9, 240)}=1.407, P=0.185$), la interacción sitio \times horario ($F_{(6, 240)}=1.323, P=0.248$) ni de la interacción sitio \times temporada \times horario ($F_{(6, 240)}=0.892, P=0.589$) sobre la tasa de captura de ejemplares (TCE) con redes entomológicas. En el sitio EB se capturó de 3.3 a 4.5 veces más abejas que en los demás sitios, entre los cuales no hubo diferencias significativas en este parámetro (Fig. 3a). En marzo se encontró la mayor TCE, seguido de junio y septiembre (entre los cuales no hubo diferencias significativas), mientras que diciembre registró la menor TCE. Las diferencias entre horarios en la TCE se registraron exclusivamente en marzo, cuando se capturaron significativamente más abejas al mediodía que en la tarde (Fig. 3b).

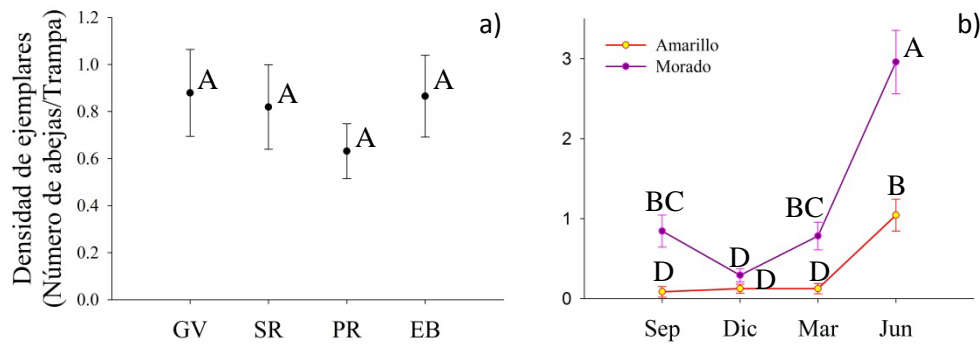


Figura 1. Densidad de ejemplares de abejas capturadas con trampas jabonosas de colores. a) Diferencias entre sitios: GV, Guadalupe Victoria; SR, San Rafael; PR, Presa del Purrón Referencia; EB, Presa del Purrón Ex-Basurero. b) Diferencias entre trampas de distinto color en cuatro meses de muestreo. Letras diferentes denotan diferencias significativas con $P < 0.05$ (Andeva y prueba de Tukey).

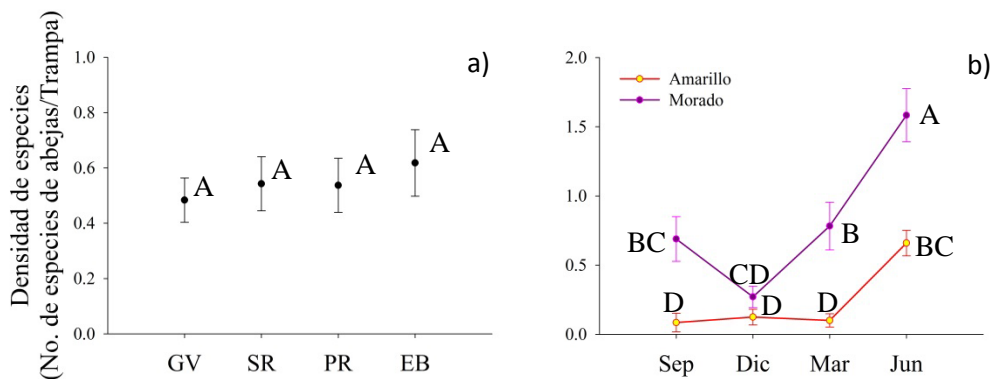


Figura 2. Densidad de especies de abejas capturadas con trampas jabonosas de colores. a) Diferencias entre sitios (símbolos como en la Fig. 1). b) Diferencias entre trampas de distinto color en cuatro meses de muestreo. Letras diferentes denotan diferencias significativas con $P < 0.05$ (Andeva y prueba de Tukey).

Por último, se encontró un efecto significativo del sitio ($F_{(3, 240)}=5.454, P=0.001$) y de la fecha de muestreo ($F_{(3, 240)}=11.666, P<0.001$), así como un efecto marginalmente significativo de la interacción temporada \times horario ($F_{(2, 240)}=2.048, P=0.060$; Fig. 4b), pero no del horario ($F_{(2, 240)}=2.302, P=0.102$) ni de las interacciones temporada \times sitio ($F_{(9, 240)}=0.568, P=0.823$), sitio \times horario ($F_{(2, 240)}=1.105, P=0.360$) ni sitio \times temporada \times horario ($F_{(18, 240)}=0.601, P=0.898$) sobre la tasa de captura de especies (TCS) de abejas con red entomológica. En el sitio EB se tuvo el valor más alto de TCS (Fig. 4a). Los meses que registraron los mayores valores de este parámetro fueron marzo y septiembre, en tanto que el menor valor se registró en diciembre, aunque este parámetro no difirió del que se registró en junio.

DISCUSIÓN

La comunidad de abejas colectada por las trampas jabonosas no varió entre sitios (Figs. 1a y 2a), pero la capturada con redes sí (Figs. 3a y 4a). La diferencia observada se debe a que cada

tipo de muestreo captura distintos gremios de abejas (Roulston *et al.*, 2007; Domínguez, 2009; I. Olalde-Estrada, datos no publ.).

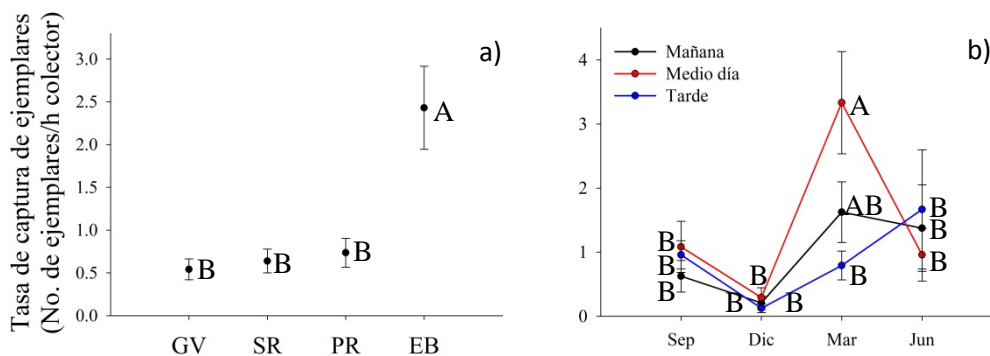


Figura 3. Tasa de captura de ejemplares de abejas (no. ejemplares/h colector) con red entomológica aérea. a) Diferencias entre sitios (símbolos como en la Fig. 1). b) Diferencias entre horarios en cuatro meses de muestreo. Letras diferentes denotan diferencias significativas con $P < 0.05$ (prueba de Tukey).

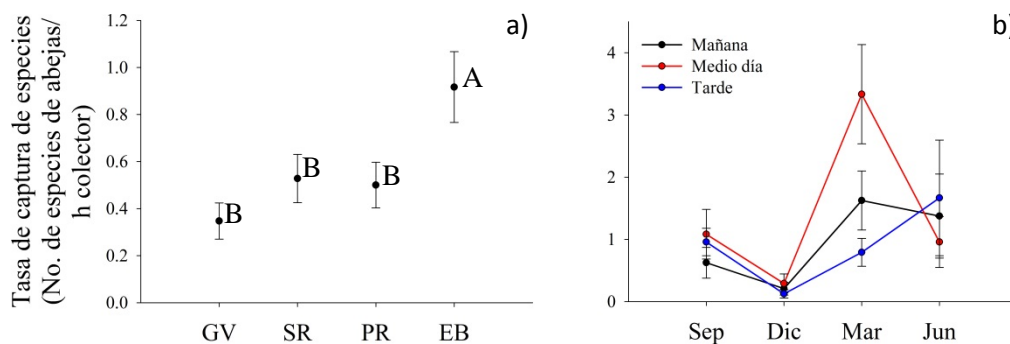


Figura 4. Tasa de captura de especies de abejas con red entomológica aérea. a) Diferencias entre sitios (símbolos como en la Fig. 1). b) Diferencias entre horarios en cuatro meses de muestreo. Letras diferentes denotan diferencias significativas con $P < 0.05$ (prueba de Tukey).

Contrario a lo que se esperaba, se encontró que el sitio EB, que sufrió un mayor disturbio, tuvo los mayores valores de tasa de captura de ejemplares y especies usando redes entomológicas (Figs. 3a y 4a). Sin embargo, concuerda con lo obtenido en otros estudios, donde se ha visto que las abejas se ven atraídas naturalmente por zonas afectadas por disturbios, pareciendo responder a la hipótesis del disturbio intermedio (Yoshihara *et al.*, 2008). Una posible explicación a este resultado es que las abejas que anidan en el suelo podrían verse atraídas por la gran disponibilidad de suelo desnudo que presenta este sitio; no obstante, esto no se aplica en nuestro caso, debido a que en EB no se detectaron nidos, ya que su sustrato está constituido por roca madre donde las abejas difícilmente pueden excavar. Otra explicación es que la poca cobertura vegetal que hay en el sitio debido a la extracción de basura, el pisoteo por ganado y la extracción de yeso (A. Hernández-Trejo, datos no publ.) permite a los polinizadores ubicar fácilmente las plantas en floración, tanto mediante la vista como por el olfato debido a la ausencia de obstáculos (Yoshihara *et al.*, 2008).

Ya que la mayoría de las abejas que se capturó en este sitio no anidan allí debido a la falta de suelo y de cobertura vegetal (Michener, 2007), se puede asumir que el hábitat natural circundante al sitio EB es la fuente de servicios de polinización para éste, tal como se ha observado en campos de agricultura (Alves *et al.*, 2013). Esto se facilita por la poca extensión del sitio EB (2 ha aproximadamente), pues sitios con disturbio de mayor extensión presentan afectación en los servicios de polinización (Winfrey *et al.*, 2009). En este caso, el sitio EB puede ser atravesado fácilmente por las especies de abejas que recorren largas distancias durante el forrajeo (Michener, 2007), así como por abejas de vuelo a cortas distancias a partir de los hábitats más conservados que rodean al sitio.

Por otro lado, el parecido entre los sitios GV, SR y PR (Figs. 3a y 4a) puede deberse a que los tres presentan forrajeo por ganado caprino (A. Hernández-Trejo, datos no publ.). Aunque PR presenta una menor incidencia de ganado, éste tiene un efecto sobre la comunidad de abejas. El forrajeo por ganado caprino afecta indirectamente a la comunidad de abejas al modificar las densidades relativas de las especies vegetales (Yoshihara *et al.*, 2008).

Este estudio encontró que las trampas moradas fueron más eficientes y, por tanto, más recomendables para la colecta de abejas, resultado que obtuvo también Domínguez (2009) y que se mantuvo en la mayoría de las temporadas de colecta en este estudio (Figs. 1b y 2b), excepto en diciembre cuando hubo una clara disminución en la densidad y riqueza de abejas, por lo que ambos colores tuvieron la misma eficiencia. Por último, no se encontró variación en la TCS entre los horarios (Fig. 4b), y se observó que el horario de captura tiene efecto en el mes de marzo, encontrando mayor TCE a medio día (Fig. 3b), lo que contrasta con otros estudios que sugieren una disminución de la actividad de forrajeo a esta hora (ver Hendrix *et al.*, 2010). Se deben hacer más estudios al respecto.

CONCLUSIONES

La formación y retiro de basura en un área de aproximadamente 2 ha aumentó la riqueza y densidad de abejas, que puede deberse a la facilidad de encontrar recursos, a la poca extensión del sitio y a la cercanía de una matriz de vegetación natural. Por otro lado, las trampas moradas fueron más eficientes que las amarillas para capturar más ejemplares y más especies a lo largo de casi todo el año. Por último, en este sitio y durante el mes de marzo la tasa de captura de abejas con red entomológica aérea es más alta al medio día.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto de Plantas Útiles-MGU de los Reales Jardines Botánicos de Kew por el apoyo económico, así como al Dr. Rafael Lira Saade por el impulso dado al proyecto de “Restauración ecológica de la selva baja caducifolia del ejido San José Tilapa”. Agradecemos también el apoyo técnico de Héctor Cervantes Maya, Martín López Carrera, C. Citlali Martínez Calderón y Adriana Hernández Trejo. Agradecemos también a los revisores anónimos que mejoraron sustancialmente este manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Alves, P., D. Boscolo y B. Felipe. 2013. What do we know about the effects of landscape changes on plant-pollinator interaction networks? *Ecological Indicators*, 31: 35-40.
- Domínguez, A. 2009. Fenología de las abejas de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y su relación con la fenología floral. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 93 pp.
- García de M., E. 2004. Modificaciones al sistema climático de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 90 pp.
- Guevara R., M. L. 2011. Tipos de vegetación de Puebla. En: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). *La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, pp. 75-90.
- Hendrix, S. D., K. S. Kwaiser y S. B. Heard. 2010. Bee communities (Hymenoptera: Apoidea) of small Iowa hill prairies are as diverse and rich as those of large prairie preserves. *Biodiversity and Conservation*, 19: 1699-1709.
- Kearns, C. A., D. W. Inouye y N. M. Waser. 1998. Endangered mutualism: the conservation of plant-pollinator interaction. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29: 83-112.
- Michener, C. D. 2007. *The bees of the world*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore. 953 pp.
- Roulston, T. H., S. A. Smith y A. L. Brewster. 2007. A comparison of pan trap and intensive net sampling techniques for documenting a bee (Hymenoptera: Apiformes) fauna. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 80: 179-181
- Williams, N. M., E. E. Crone, T. H. Roulston, R. L. Minckley, L. Packer y S. G. Potts. 2010. Ecological and life-history traits predict bee species responses to environmental disturbances. *Biological Conservation*, 143: 2280-2291.
- Winfree, R., R. Aguilar, D. P. Vázquez, G. LeBuhn y M. A. Aizen. 2009. A meta-analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance. *Ecology*, 90: 2068-2076.
- Yoshihara, Y., B. Chimeddorj, B. Buuveibaatar, B. Lhaguasuren y S. Takatsuki. 2008. Effects of livestock grazing on pollination on a steppe in Eastern Mongolia. *Biological Conservation*, 141: 2376-2386.