



### LITERATURE REVIEW OF THE IMPACT OF FRAGMENTATION AND URBANIZATION ON INSECT COMMUNITIES.

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DEL IMPACTO DE LA FRAGMENTACIÓN Y LA URBANIZACIÓN SOBRE LAS COMUNIDADES DE INSECTOS.

JeanCarlos Abrego L.<sup>1</sup>,  José A. Rivera<sup>2</sup>;  Anette Garrido<sup>3</sup>  y Estibali Wilkie<sup>4</sup> 

<sup>1</sup>Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Escuela de Biología, Departamento de Zoología, Ciudad de Panamá, Panamá. email: jrivalorenzo@gmail.com

<sup>3</sup>Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Escuela de Biología, Departamento de Genética y Biología Molecular, Ciudad de Panamá, Panamá. Email: anecgarrido@gmail.com

<sup>4</sup>Universidad de Panamá, Laboratorio de Genética y Biología Molecular, Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. Email: estibaliw@gmail.com

#### INFORMACIÓN SOBRE EL ARTÍCULO

Recibido: 23 enero 2024 | Aceptado: 15 de marzo 2024 | Publicado: 31 marzo 2024.

**Como citar este documento:** Abrego L., Rivera J., Garrido A. Revisión bibliográfica del impacto de la fragmentación y la urbanización en las comunidades de insectos Mesoamericana 26 (1): 33-40. DOI: <https://doi.org/10.48204/j.mesoamericana.v26n1.a5079>

**Autor corresponsal:** JeanCarlos Abrego L., Universidad de Panamá, [jeanscarlos1705@gmail.com](mailto:jeanscarlos1705@gmail.com)

**Contribución de los autores:** Los autores de este trabajo declaran haber participado en la realización de este proyecto de investigación en todas sus etapas, búsqueda de información y redacción del artículo.

**Editor:** Alonso Santos Murgas.



**ABSTRACT:** Habitat fragmentation and urbanization are having a dramatic impact on insect communities. The fast expansion of urban areas and the intensification of agriculture has caused the loss and splitting of natural habitats, which results in ecosystem fragmentation, this process is generating significant consequences to insects. The research reviewed show that habitat fragmentation and urbanization are associated with decline in both diversity and abundance of insect communities. These works highlight that habitat fragmentation and urbanization influence the behavior, insect populations dynamics, migrations patterns, morphometric changes, dispersion, and reproduction of insects, which could have long term consequences in the composition and structure of insect communities.

**KEYWORDS:** Tropical forest, fragmentation, communities, disturbance, urbanization.

**RESUMEN:** La fragmentación del hábitat y la urbanización están teniendo un impacto dramático en las comunidades de insectos. La rápida expansión de las áreas urbanas y la intensificación de la agricultura han llevado a la pérdida y división de los hábitats naturales, lo que resulta en la fragmentación de los ecosistemas, este proceso está generando consecuencias significativas para los insectos. Los estudios revisados demuestran que la fragmentación del hábitat y la urbanización están asociadas con una disminución tanto en la diversidad como en la abundancia de las comunidades de insectos. Estos destacan que la fragmentación del hábitat y la urbanización influyen en el comportamiento, la dinámica de las poblaciones de insectos, los patrones de migración, cambios morfológicos, dispersión y reproducción de los insectos, lo que podría tener consecuencias a largo plazo en la composición y estructura de las comunidades de insectos.

**PALABRAS CLAVE:** Bosques tropicales, fragmentación, comunidades, perturbación, urbanización.



### INTRODUCCIÓN

El rápido aumento demográfico y económico ha llevado al crecimiento de las zonas urbanas e intensificación de la agricultura, con consecuencias negativas en zonas naturales y seminaturales que han sido ampliamente modificados para hacer espacios a dichos crecimientos humanos (Zanette 2005; Ahrne et al 2008). La urbanización es una de las causas más importantes de pérdida de ecosistemas naturales y fragmentación del hábitat, que está asociada con la disminución de especies (McKinney 2008; Grimm et al 2008). La reducción y fragmentación de hábitats remanentes puede influir fuertemente en las comunidades que habitan las zonas urbanas, generalmente con efectos negativos sobre la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas (Buczowski et al 2012; Burkman et al 2014; Su Z et al 2015). En la primera década del siglo 21, se registró la pérdida neta de bosques de 7 millones de hectáreas anuales en los países tropicales del mundo y un aumento de las actividades antropogénicas (FAO 2016).

Con la fragmentación de los bosques, inició el estudio de las comunidades animales que se encontraban en estos sitios para conocer cómo estos se adaptaban a los cambios en la estructura del bosque, los posibles cambios microclimáticos que se podrían dar y a la dinámica de comportamiento de las mismas comunidades por la pérdida o ausencia de algunas especies, es por lo que desde finales del siglo XX se inició a llamar metacomunidades. Una metacomunidad es un conjunto de comunidades locales que están vinculadas por dispersión de múltiples especies potencialmente interactuantes. La teoría de la metacomunidad describe los procesos que ocurren a escala metacomunitaria y sugiere nuevas formas de pensar sobre las interacciones de las especies (Wilson 1992). La ecología de comunidades busca unificar los factores regionales como la inmigración y dispersión de individuos con los factores locales como las condiciones ambientales y la competencia para explicar y predecir cómo son los patrones de distribución de las especies y como ocurren en diferentes escalas espaciales dentro de los ecosistemas (Gilpin y Hanski 1991). Dentro del tema de metacomunidad existen cuatro teorías que intentan unificar y explicar los conceptos que describen como podríamos predecir los patrones de distribución de las especies. La teoría de dinámica de parches es un enfoque ecológico donde la estructura, la dinámica y la función de los ecosistemas se pueden comprender mediante el estudio de parches, la teoría de modelo de clasificación menciona que la distribución y abundancia de las especies podría estar relacionado con las condiciones bióticas de un ecosistema. La teoría de fuente- sumidero describe las variaciones de las poblaciones basados en la calidad del hábitat, y la teoría del modelo neutral intenta explicar la diversidad y abundancia de las especies mediante el supuesto de que todas las especies son neutrales, y que la diversidad surge al azar (Gilpin y Hanski 1991; Leibold et al 2004; Hubbell 2011). Por lo tanto, esta revisión tiene como objetivo dar un contexto sobre la dinámica de las poblaciones de insectos en los bosques cercanos a zonas urbanas y como la fragmentación de los bosques está afectando a la diversidad de los insectos.

### METODOLOGÍA

Utilizando la metodología PRISMA (2020) se realizó una búsqueda sistemática en repositorios y bases de artículos científicos como Springerlink, Web of Sciences, Researchgate, Google academico y Science Direct; utilizando palabras claves como: “urbanización”, “impacto”, “influencia”, “perturbación”, “morfometría”, “comunidades”, “insectos”, “escarabajos”, “hormigas”, “abejas”, “avispas”, “fragmentación”, “pérdida de hábitat”, “insectos acuáticos”, “bosques tropicales”, “urbanization”, “impact”, “influence”, “disturbance”, “communities”, “insects”, “beetles”, “ants”, “bees”, “wasps”, “fragmentation”, “habitat loss”, “aquatic insects”, “tropical forests”; de los cuales se obtuvieron un total de 220 artículos científicos de los cuales se tomaron en consideración 48 artículos para este trabajo de revisión bibliográfica; el resto fueron eliminados por repetición, eran sobre otros grupos animales o no abordaban el tema de este trabajo.

### RESULTADOS

En los bosques tropicales, muchas especies son susceptibles al proceso de extinción local, a la pérdida

de bosque o a la fragmentación (Haddad et al 2015). Algunos estudios en Panamá evidencian esto, como el de Medianero et al (2017) menciona que los insectos es uno de los grupos que responden más rápido a las alteraciones ambientales. En otro estudio sobre la diversidad tropical de artrópodos, Basset et al (2015) menciona que dada a las variaciones de las estaciones en los bosques tropicales entre los cambios de época (lluviosa y seca), el cambio puede tener grandes repercusiones de los artrópodos de los bosques tropicales. Además, Basset et al (2012); manifestaron que en apenas una hectárea de bosque tropical puede al menos estar presente un 60% de la biodiversidad de artrópodos que se encuentren en un paisaje más amplio, además expresaron que los modelos basados en la diversidad de plantas se ajustan excepcionalmente bien a la riqueza de especies acumulada de taxones de herbívoros y no herbívoros; esto nos puede indicar el daño que se está realizando en las comunidades de insectos solo al perder una hectárea de bosque tropical.

### 1. Fragmentación de los bosques

Es importante reconocer el contexto de la diferenciación de que es fragmentación y en que se diferencian sobre otros conceptos; Fahrig en el 2003, realizó una unificación del concepto fragmentación y separarlo de la pérdida de hábitat. Este menciona que la fragmentación del hábitat generalmente se define como un proceso a escala del paisaje que involucra tanto la pérdida del hábitat como la ruptura del hábitat, además menciona que los estudios empíricos sugieren que la pérdida de hábitat tiene efectos grandes y consistentemente negativos sobre la biodiversidad. La fragmentación del hábitat *per se* tiene efectos mucho más débiles sobre la biodiversidad que tienen al menos la misma probabilidad de ser positivos que negativos. Petraitis et al en 1989 realizan una revisión sobre las teorías de las perturbaciones que se dan en estos ecosistemas y los efectos que causan; los resultados de este estudio sugieren que el mayor número de especies en niveles intermedios de perturbación se puede explicar asumiendo que existen compensaciones en las capacidades específicas de las especies que imponen restricciones a la inmigración y extinción en parcelas. Los cambios en la inmigración y la extinción, los procesos que gobiernan la diversidad de parches, dependen de las habilidades específicas de la especie

para defenderse de los competidores o soportar disturbios. Los miembros de una especie pueden resistir a los competidores o resistir las perturbaciones, pero no pueden sobresalir en ambos. Si esta compensación no existe, entonces el nivel más alto de diversidad de especies no ocurrirá en niveles intermedios de perturbación. De igual manera, Haddad et al (2015) realizaron análisis globales de la cobertura forestal mundial, encontrando que: 1. El 70% de los bosques se encuentran sujetos a efectos degradantes de fragmentación. 2. La fragmentación que sufren los bosques afecta entre un 13% a un 75% la biodiversidad y, además, afecta las funciones ecosistémicas de los bosques (disminución de la biomasa y los ciclos de los nutrientes) y 3. Los efectos se hacen mayores en fragmentos de bosques pequeños y aislados que con el paso del tiempo se van magnificando estos efectos. Desde la conceptualización de la fragmentación, pasando por revisiones y estudios puntuales, se da una evidencia de que estos eventos de la pérdida de los bosques a nivel mundial tienen efectos sobre las comunidades animales, asimismo está agravando grandemente los efectos del cambio climático que se está dando a nivel mundial.

### 2. Impacto de la fragmentación y/o la urbanización sobre las comunidades de los insectos.

En los últimos años, se han desarrollado diversos estudios por la creciente preocupación sobre el impacto que puede estar causando la fragmentación de los bosques sobre las comunidades de insectos a nivel mundial. Autores como; Perillo y colaboradores (2020) evaluaron la influencia del tamaño de parche, su aislamiento, la distancia entre los parches y la distancia del bosque continuo en la diversidad y abundancia de abejas y avispas, incluyendo la fluctuación temporal de las especies. Estos reportaron una mayor riqueza y abundancia de abejas y avispas en el verano. Además, observaron un cambio significativo en la composición de especies entre estaciones y una relación estadística significativa lineal entre la diversidad  $\beta$  temporal y la distancia del parche al bosque continuo. Graça y Somavilla (2019) detectaron diferencias significativas en la abundancia, la riqueza y la composición de especies de avispas sociales de la selva amazónica, entre un bosque continuo y un bosque fragmentado. Ballare et al (2019); examinaron cómo las variables ambientales



locales y la composición del paisaje impactan la abundancia, riqueza y uniformidad de las abejas. Encontraron que los niveles de uso regional de la tierra impactan de manera diferente en la abundancia y la diversidad de las abejas, mencionan que, dentro de los sitios de agricultura, la riqueza de las abejas fue mayor al aumentar el hábitat seminatural, mientras que; en los sitios de pastizales, la riqueza de las abejas fue similar, independientemente de la cubierta del hábitat seminatural. Tzortzakaki y colaboradores (2019) descubrieron que la cobertura del suelo tiene una mayor influencia en la riqueza, abundancia y estructura comunitaria de las especies de mariposas en ciudades del Mediterráneo. La comunidad de mariposas era significativamente más pobre en las áreas urbanizadas y en las áreas periurbanas la diversidad era significativamente mayor, aunque los recursos vegetales se encontraban disponibles en todas las áreas de estudios, lo que indica el papel potencial de la fragmentación del hábitat y el aislamiento de parches. Wang et al (2019) descubrieron que la complejidad del paisaje promovió enemigos naturales a diferentes escalas espaciales, pero inhibió la población de defoliadores de álamos a una escala de 200 m. La abundancia y diversidad de todos los defoliadores disminuyó con el aumento de la proporción de plantas no fantasmas, la diversidad del paisaje solo tuvo un efecto negativo en la abundancia de defoliadores. Ellos concluyen que para mantener la forma compleja y la conectividad estructural de los parches de hábitat y mantener los álamos alejados de la aldea son cruciales para la gestión del paisaje forestal para mejorar a los enemigos naturales. Y para reducir la abundancia de defoliadores en el bosque de álamos, se debe promover la diversidad de los tipos de hábitat circundantes en un radio de 200 m. Miles et al (2019); estudiaron los efectos de la urbanización en la ecología y evolución de las interacciones planta-herbívoro; ellos evidenciaron que la riqueza de especies nativas tiende a disminuir en las zonas urbanas; sin embargo, los cambios en la abundancia parecen ser en especies específicas. Estos cambios en la ecología sugieren que la urbanización podría afectar tanto la evolución adaptativa como la no adaptativa de los artrópodos herbívoros y sus plantas hospederas en entornos urbanos. Salomão et al (2019) reportan que la urbanización tiene efecto negativo en la riqueza, abundancia y biomasa de los grupos funcionales de insectos del bosque como los escarabajos de estiércol o coprófagos (Scarabaeinae). McKinney (2008) realizaron una revisión de la literatura sobre cómo afecta la urbanización sobre la riqueza de especies de diversos

grupos animales (vertebrados no aviares, invertebrados y plantas), donde encontraron que en las zonas con extrema urbanización presentan una reducción completa de la riqueza de todos los grupos animales, mientras que en las zonas suburbanas con niveles moderados de urbanización, la mayoría de los estudios de plantas (alrededor del 65%) indican un aumento de la riqueza de especies, invertebrados (alrededor del 30%) y vertebrados no aviares (alrededor del 12%) muestran una creciente riqueza de especies. De Sousa et al 2019; realizaron una caracterización de la comunidad de mariposas de la familia Nymphalidae en el Parque Estatal Serra Azul de Grosso, Brasil. Los autores obtuvieron que la estructura de la comunidad variaba espacialmente, con el bosque de galería presentando la mayor riqueza, diversidad y equidad, mientras que "cerrado ralo" presentaba mayor abundancia y menos diversidad y equidad. Bergman et al (2018) encontró en un estudio realizado sobre la diversidad y abundancia de mariposas en fragmentos de bosques que la abundancia total no varió según el hábitat. Sin embargo, la fragmentación incrementó o disminuyó la abundancia de algunas especies. La riqueza de especies por árbol tampoco fue afectada por la fragmentación del bosque, aunque el número total de especies fue considerablemente mayor en los fragmentos que en el bosque continuo. La similitud de especies fue mayor dentro del bosque continuo que entre el bosque continuo y los fragmentos o que entre los fragmentos. Estos estudios realizados en diferentes ecosistemas y latitudes concuerdan entre ellos que los efectos de la fragmentación y la urbanización están causando una reducción en la diversidad, abundancia y riquezas de las diversas comunidades.

Wilder et al (2022) descubrieron que la abundancia y riqueza de las abejas eran menores en las comunidades urbanas recién formadas, lo que tenía un efecto negativo particularmente fuerte en las abejas que anidaban en el suelo; además notaron que la riqueza de abejas que anidan en el suelo y de colonias de abejas disminuyó con el aumento de la cubierta superficial impermeable, pero las abejas que anidan en la superficie se vieron mínimamente afectadas. La similitud de las colonias varió espacialmente y entre diferentes áreas locales, sólo para las abejas que anidan en el suelo y para las colonias en su conjunto. Lo que sugiere que las superficies impermeables limitan la abundancia y diversidad de las abejas, pero las nuevas comunidades pueden tener mayores consecuencias negativas. Hernández- Molina et al (2023) compararon la estructura, diversidad y

composición de especies del conjunto de escarabajos peloteros en tres hábitats representativos de la región: bosques, cercos vivos y pastos para ganado. encontraron que la diversidad fue mayor en el bosque, pero la composición de especies mostró una alta similitud entre este hábitat y los modos de vida, mientras que la composición de los pastos para ganado mostró un claro aislamiento, lo que sugiere dos combinaciones diferentes entre los tres hábitats. La alta similitud de la composición de especies con los bosques y la presencia de especies indicadoras mostraron que los cercos vivos tienen una función importante de proporcionar un alto grado de conectividad entre parches de bosque, facilitando así el movimiento de algunas especies que evitan áreas abiertas en el paisaje.

### **3. Patrones de respuestas de insectos parasitoides, depredadores, fitófagos y descomponedores a la fragmentación del hábitat.**

Estos estudios sobre la dinámica de diferentes grupos tróficos y su respuesta hacia la fragmentación y urbanización han sido poco estudiados, Corcos et al 2019; realizaron un estudio sobre el impacto de la urbanización sobre los insectos depredadores y parasitoides en múltiples escalas espaciales (local, paisajístico y subregional) donde descubrieron que la urbanización tiene un efecto negativo sobre la diversidad de insectos depredadores y parasitoides en las tres escalas; a nivel local, las calles y los edificios influyeron negativamente en la uniformidad de los depredadores y la riqueza de especies y la abundancia de parasitoides probablemente actuando como barrera de dispersión. Otro estudio realizado sobre el ensamblaje de los grupos tróficos fue el realizado por Cagnolo y Valladares en 2011 donde evaluamos la relación entre fragmentación de hábitat, extinciones y redes de interacción estudiando los cambios en la estructura de redes tróficas de plantas, insectos herbívoros y sus parasitoides en bosques del centro de Argentina. Encontramos que las redes son afectadas por una reducción en su tamaño, y aumentos de la intensidad relativa de interacción y la conectancia a medida que se reduce el área de bosque. Este tipo de estudios, aunque son muy pobres ya nos dan luces sobre lo que ocurre en un contexto más completo dentro de las comunidades de insectos y porque posiblemente ocurran extinciones locales en los parches de bosques.

### **4. Cambios morfométricos en los insectos por la fragmentación de bosques.**

Autores como Ferrari et al (2024) estudiaron cómo difiere el tamaño corporal, la carga alar, la relación de aspecto del ala y la simetría fluctuante del ala en las avispas sociales que anidan en el suelo (*Halictus scabiosae*), las abejas solitarias que anidan en cavidades (*Osmia cornuta*) y las avispas sociales del papel (*Polistes dominula*). A lo largo del gradiente de urbanización de Milán (Italia). Al evaluar los efectos de la temperatura, la fragmentación de las áreas verdes y la productividad de la vegetación sobre los rasgos funcionales antes mencionados, encontraron que las tres especies responden de manera diferente al aumento de la urbanización, aunque los parámetros ambientales determinantes difieren para las diferentes especies. Aunque diferentes especies parecen ser sensibles a diferentes pilotos, los resultados de ellos mostraron una respuesta consistente: tamaño corporal más pequeño, pero rendimiento de vuelo potencialmente mejorado en una ciudad más grande. Gerard et al (2018) Después de que los individuos *Bombus terrestris* fueron expuestos a diferentes factores estresantes, encontraron asimetría direccional en el tamaño de las alas entre los individuos alimentados con mirosina y los expuestos a parásitos y altas temperaturas. Dadas las diferencias ecológicas entre los hábitats perturbados y boscosos, esto puede manifestarse como una asimetría direccional. Banaszak-Cibicka et al (2018) La asimetría se evaluó basándose en el análisis morfométrico de las venas de las alas de la abeja melífera *Anthophora plumipes* a lo largo de un gradiente de urbanización. Los autores encontraron que los individuos de un entorno rural tenían una mayor distancia entre las venas del lado derecho en comparación con los individuos de un entorno urbano. Correa- Carmona et al (2022) estudiaron los rasgos funcionales de las polillas en las familias Saturniidae y Sphingidae encontraron que los paisajes con baja calidad forestal, alta cobertura relativa y comunidades con alta rotación de uso de la tierra tenían una mayor proporción de grandes especies polífagas con bajas cargas alares, surgieron que esto se debió principalmente a una respuesta significativa a la deforestación por parte de los saturnidos, mientras que las esfingidos más móviles no mostraron patrones significativos relacionados con el paisaje; además, observaron que existía una correlación significativa con los asentamientos agrícolas recientes. Kalarus et al (2013)



Se estudiaron los caracteres morfológicos relacionados con el vuelo en especímenes del lepidóptero *Hesperia comma* de diferentes hábitats. Los autores encontraron que los individuos de hábitats cálidos y secos tenían alas más largas y un índice de estrés alar más alto que los individuos de hábitats húmedos.

## CONCLUSIÓN

La degradación de los bosques tropicales y el aumento de los sistemas urbanos han sido uno de los principales causantes de la pérdida de biodiversidad de grupos animales, como los insectos. Mediante el análisis de la literatura la principal conclusión es que la fragmentación es un proceso donde se interrumpe la continuidad de los paisajes naturales creando nuevas condiciones en los bordes que pueden favorecer o perjudicar a algunos grupos animales, la urbanización es también uno de las principales causas de pérdida de biodiversidad actualmente ya que se pierden especies de plantas que dan sustento a la estructura y la dinámica de las poblaciones animales que alguna vez vivieron en ese lugar específico, y que los diferentes grupos tróficos (parasitoides, fitófagos, depredadores y descomponedores) responden de diferentes formas a los cambios en la estructura y dinámica de los bosques.

## REFERENCIAS

Ahrné K, Bengtsson J, Elmqvist T (2008) Bumble Bees along a gradient of increasing urbanization. *Current Science* 4: 5574.

Ballare, K. M., Neff, J. L., Ruppel, R., & Jha, S. (2019). Multi-scalar drivers of biodiversity: local management mediates wild bee community response to regional urbanization. *Ecological Applications*, 29(3), 1–16. <https://doi.org/10.1002/eap.1869>

Banaszak-Cibicka, W., Fliszkiewicz, M., Langowska, A., & Żmi-Horski, M. 2018. Body size and wing asymmetry in bees along an urbanization gradient. *Apidologie*, 49(3), 297–306. <https://doi.org/10.1007/s13592-017-0554-y>

Basset, Y., Cizek, L., Cuénoud, P., Didham, R. K., Guilhaumon, F., Missa, O., Novotny, V., Ødegaard, F., Roslin, T., Schmidl, J., Tishechkin, A. K., Winchester, N. N., Roubik, D. W., Aberlenc, H. P., Bail, J., Barrios, H., Bridle, J. R., Castaño-Meneses, G., Corbara, B., ... Leponce, M. (2012). Arthropod diversity in a tropical forest. *Science*, 338(6113), 1481–1484. <https://doi.org/10.1126/science.1226727>

Basset, Y., Cizek, L., Cuénoud, P., Didham, R. K., Novotny, V., Ødegaard, F., Roslin, T., Tishechkin, A. K., Schmidl, J., Winchester, N. N., Roubik, D. W., Aberlenc, H. P., Bail, J., Barrios, H., Bridle, J. R., Castaño-Meneses, G., Corbara, B., Curletti, G., Duarte Da Rocha, W., ... Leponce, M. (2015). Arthropod distribution in a tropical rainforest: Tackling a four-dimensional puzzle. *PLoS ONE*, 10(12), 1–22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144110>

Bergman KO, Dániel-Ferreira J, Milberg P, Öckinger E, & Westerberg L (2018) Butterflies in Swedish grasslands benefit from forest and respond to landscape composition at different spatial scales. *Landscape Ecology* 33: 2189–2204.

Buczowski, G., & Richmond, D. S. (2012). The effect of urbanization on ant abundance and diversity: a temporal examination of factors affecting biodiversity.

Burkman CE, Gardiner MM (2014) Urban greenspace composition and landscape context influence natural enemy community composition and function. *Biological Control*. Elsevier Inc.

Cagnolo, L y Valladares, G. (2011). Fragmentación del hábitat y desensamblaje de redes tróficas. *Ecosistemas* 20 (2): 68-78.

Corcos, D., Cerretti, P., Caruso, V., Mei, M., Falco, M., & Marini, L. (2019). Impact of urbanization on predator and parasitoid insects at multiple spatial scales. *PLoS ONE*, 14(4), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214068>

Correa-Carmona, Y., Rougerie, R., Arnal, P., Ballesteros-Mejía, L., Beck, J., Dolédec, S., ... & Decaëns, T. (2022). Functional and taxonomic responses of tropical moth communities to deforestation. *Insect conservation and diversity*, 15(2), 236–247.

de Andrade, A. C., Dellefrate Franzini, L., & Mesquita, D. O. (2019). Assessing the effect of urbanization on tropical forest dwelling teiid lizards. *Ecological Indicators*, 99(December 2018), 225–229. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.12.037>

de Sousa, W. O., Sousa, L. E., da Silva, F. R. J., da Graça Santos, W. I., & Aranda, R. (2019). Composition and structure of the frugivorous butterfly community (Lepidoptera: Nymphalidae) at the Serra Azul State Park (PESA), Mato Grosso, Brazil. *Zoologia*, 36, 1–10. <https://doi.org/10.3897/zoologia.36.e27708>

Fahrig, L. (2003). Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34, 487–515. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>

FAO (2016) El estado de los bosques del mundo.

Ferrari, A., Tommasi, N., & Polidori, C. (2024). Urbanisation reduced body size but potentially improved flight performance in bees and wasps. *Basic and Applied Ecology*, 74, 57-65.

Gérard, M., Guiraud, M., Cariou, B., Henrion, M., & Baird, E. (2023). Elevated developmental temperatures impact the size and allometry of morphological traits of the bumblebee *Bombus terrestris*. *Journal of Experimental Biology*, 226(8), jeb245728.

Graça, M. B., & Somavilla, A. (2019). Effects of forest fragmentation on community patterns of social wasps (Hymenoptera: Vespidae) in Central Amazon. *Austral Entomology*, 58(3), 657-665. <https://doi.org/10.1111/aen.12380>

Haddad NM, Brudvig LA, Clobert J, Davies KF, Gonzalez A, Holt RD, Lovejoy TE, Sexton JO, Austin MP, Collins CD, Cook WM, Damschen EI, Ewers RM, Foster BL, Jenkins CN, King AJ, Laurance WF, Levey DJ, Margules CR & Townshend JR (2015) Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances*, 1(2), 1-10. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500052>

Hanski, I., & Gilpin, M. (1991). Metapopulation dynamics: brief history and conceptual domain. *Biological journal of the Linnean Society*, 42(1-2), 3-16.

Hastings, A., & Harrison, S. (1994). Metapopulation dynamics and genetics. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 25, 167-188. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.25.110194.001123>

Hernández-Molina, M. A., Sánchez-Hernández, G., Chamé-Vázquez, E. R., Noriega, J. A., & Tejeda-Cruz, C. (2023). Importance of live fences for dung beetle assemblage connectivity in a fragmented landscape.

Hubbell, S. P. (2011). *The unified neutral theory of biodiversity and biogeography* (MPB-32). Princeton University Press.

Kalarus, K., Skórka, P., Halecki, W., Jirak, A., Kajzer-Bonk, J., & Nowicki, P. (2013). Within-patch mobility and flight morphology reflect resource use and dispersal potential in the dryad butterfly *Minois dryas*. *Journal of Insect Conservation*, 17(6), 1221-1228. <https://doi.org/10.1007/s10841-013-9603-7>

Leibold MA, Holyoak M, Mouquet N, Amarasekare P, Chase JM, Hoopes MF, Holt RD, Shurin JB, Law R, Tilman D, Loreau M & Gonzalez A (2004) The metacommunity concept: A framework for multi-scale community ecology. *Ecology Letters* 7(7): 601-613.

Leibold, M. A., Holyoak, M., Mouquet, N., Amarasekare, P., Chase, J. M., Hoopes, M. F., Holt, R. D., Shurin, J. B., Law,

R., Tilman, D., Loreau, M., & Gonzalez, A. (2004). The metacommunity concept: A framework for multi-scale community ecology. *Ecology Letters*, 7(7), 601-613. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00608.x>

McKinney ML (2008) Effects of urbanization on species richness: a review of plants and animals. *Urban ecosystems* 11(2): 161-176.

Medianero, E., Carrasco, G., Pérez, E., Araúz-Araúz, B., Castaño-Meneses, G., & Martínez-Torres, A. O. (2017). Composición De La Comunidad De Artrópodos Que Habitan En El Dosel En Un Bosque Tropical De Tierras Bajas En Panamá. *51 Scientia Scientia (Panamá)*, 27(2), 51-67.

Miles, L. S., Breitbart, S. T., Wagner, H. H., & Johnson, M. T. J. (2019). Urbanization shapes the ecology and evolution of plant-arthropod herbivore interactions. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7(AUG), 1-14. <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00310>

Perillo, L. N., Barbosa, N. P. de U., Solar, R. R. C., & Neves, F. de S. (2020). Patterns of diversity in a metacommunity of bees and wasps of relictual mountainous forest fragments. *Journal of Insect Conservation*, 24(1), 17-34. <https://doi.org/10.1007/s10841-019-00194-2>

Peter Petraitis, R. L. y R. N. (1989). The maintenance of species diversity by disturbance. *THE QUARTERLY REVIEW OF BIOLOGY*, 64(4).

Salomão, R. P., Alvarado, F., Baena-Díaz, F., Favila, M. E., Iannuzzi, L., Liberal, C. N., Santos, B. A., Vaz-de-Mello, F. Z., & González-Tokman, D. (2019). Urbanization effects on dung beetle assemblages in a tropical city. *Ecological Indicators*, 103(June 2018), 665-675. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.04.045>

Su Z, Li X, Zhou W, Ouyang Z (2015) Effect of landscape pattern on insect species density within urban green spaces in Beijing, China. *PLOS ONE*; 10: 1-13.

Tzortzakaki, O., Kati, V., Panitsa, M., Tzanatos, E., & Giokas, S. (2019). Butterfly diversity along the urbanization gradient in a densely built Mediterranean city: Land cover is more decisive than resources in structuring communities. *Landscape and Urban Planning*, 183(November 2017), 79-87. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.11.007>

Vera Wilder Pfeiffer, David W. Crowder, Janet Silbernagel et al. Urban Development Reduces Bee Abundance and Diversity, 03 January 2022, PREPRINT (Version 1) available at Research Square <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-474308/v1>

Wang, B., Tian, C., & Sun, J. (2019). Effects of landscape complexity and stand factors on arthropod communities in



poplar forests. *Ecology and Evolution*, 9(12), 7143–7156.  
<https://doi.org/10.1002/ece3.5285>

Wilson, D. S. (1992). Complex interactions in metacommunities, with implications for biodiversity and higher levels of selection. *Ecology*, 73(6), 1984-2000.

Yepes-Núñez, J. J., Urrutia, G., Romero-García, M., & Alonso-Fernández, S. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews  
Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista española de cardiología*, 74(9), 790-799.

Zanette LRS, Martins RP & Ribeiro SP (2005) Effects of urbanization on Neotropical wasp and bee assemblages in a Brazilian metropolis. *Landscape and Urban Planning* 71: 105–121.