

Cambios en los rasgos funcionales de *Paraponera clavata* a lo largo de un gradiente urbano – rural en la provincia de Napo

Changes in the functional traits of Paraponera clavata along an urban–rural gradient in Napo province

Mishel Calero¹, Jonathan Liria²

¹ Universidad Regional Amazónica Ikiam. <https://orcid.org/0009-0006-1066-3221>

² Universidad Regional Amazónica Ikiam. <https://orcid.org/0000-0003-1611-8364>

Autor de correspondencia: yessica.calero@est.ikiam.edu.ec

DOI: <https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.bbfs.e8>

Resumen

La fragmentación del hábitat causada por la urbanización ejerce presiones selectivas sobre la fauna. Este estudio analizó los posibles cambios morfológicos en la hormiga *Paraponera clavata* a lo largo de un gradiente urbano-rural, con el objetivo general de identificar adaptaciones en rasgos funcionales vinculados a la obtención de alimento. La metodología consistió en un muestreo en dos ambientes contrastantes (urbano en Tena y rural en Ahuano), utilizando morfometría geométrica para cuantificar la variación en la cápsula cefálica y la mandíbula izquierda de 144 especímenes. Los resultados mostraron diferencias significativas en la forma de la cápsula cefálica entre los ambientes urbano y rural, mientras que la mandíbula presentó variaciones significativas en todas las comparaciones. Se concluyó que la urbanización induce adaptaciones morfológicas diferenciales en estructuras clave para el forrajeo, demostrando la plasticidad de esta especie para responder a las nuevas condiciones de recursos en paisajes transformados.

Palabras clave: Urbanización; Rasgos funcionales; Morfometría geométrica; *Paraponera clavata*

Abstract

Habitat fragmentation driven by urbanization exerts selective pressures on fauna. This study analyzed potential morphological changes in the ant *Paraponera clavata* along an urban–rural gradient, with the overarching goal of identifying adaptations in functional traits linked

to foraging. The methodology involved sampling in two contrasting environments (urban in Tena and rural in Ahuano) and using geometric morphometrics to quantify variation in the head capsule and left mandible of 144 specimens. The results revealed significant differences in head capsule shape between urban and rural environments, while the mandible exhibited significant variation across all comparisons. We conclude that urbanization induces differential morphological adaptations in structures critical for foraging, demonstrating this species' plasticity in responding to novel resource conditions in transformed landscapes.

Keywords: Urbanisation; Functional traits; Geometric morphometrics; *Paraponera clavata*.

Introducción

La urbanización es uno de los procesos de transformación ambiental más intensos de la actualidad, provocando fragmentación del hábitat, reducción de la conectividad ecológica y alteraciones en procesos esenciales como el flujo génico y la dispersión (Fahrig, 2017). Estas modificaciones afectan especialmente a especies con rasgos ecológicos especializados, mientras que aquellas con mayor plasticidad fenotípica suelen prosperar en entornos urbanos (Johnson & Munshi-South, 2017). En insectos, y particularmente en hormigas, los rasgos funcionales como el tamaño corporal y la morfología de las mandíbulas están estrechamente vinculados con la ecología trófica y las estrategias de forrajeo (Booher et al., 2021). Estudios previos muestran que en ambientes urbanos predominan especies generalistas con mandíbulas robustas y dietas amplias, mientras que los especialistas tienden a perder diversidad funcional (Merckx et al., 2018). En este contexto, resulta relevante analizar el caso de *Paraponera clavata*, una hormiga neotropical de gran tamaño y rol ecológico dominante en los bosques húmedos de América Central y del Sur (Delsinne et al., 2019). A pesar de su importancia, se desconoce cómo la urbanización influye en su morfología funcional. Por ello, este estudio evalúa las variaciones en conformación y tamaño en cabeza y mandíbulas de obreras de *P. clavata*, recolectadas en colonias de ambientes urbanos y rurales de la provincia de Napo, mediante morfometría geométrica. Planteamos la hipótesis de que existirán diferencias morfométricas entre ambos entornos, como producto de la adaptación a las variaciones en la dieta y el entorno. Estos resultados servirán como evidencia sobre la plasticidad adaptativa de esta especie y su respuesta a las condiciones impuestas por el paisaje urbano.

Metodología

El estudio se desarrolló en dos fases. La primera consistió en un muestreo en un área urbana (ciudad de Tena) y un área rural (Comunidad Campo Cocha). En la segunda fase, se implementó un enfoque de morfometría geométrica para medir rasgos funcionales de la cápsula cefálica y la mandíbula izquierda de las obreras, estructuras cuya morfología se asocia

al nivel trófico y al tamaño del recurso alimenticio que la especie puede manipular. Las obreras recolectadas fueron fotografiadas con un estereoscopio AmScope SM-1TSZ-V203 acoplado a una cámara digital RELIFE M-12, utilizando aumentos de 1X para la cápsula cefálica y 1.5X para las mandíbulas, de acuerdo con la metodología de Samung et al. (2022). Para el análisis de la cápsula cefálica, se utilizó el software MakeFan8 para generar una plantilla en “abanico” con 12 líneas. Sobre esta, se digitalizaron 4 landmarks tipo I y 8 semilandmarks, siguiendo metodologías validadas por Tatsuta et al. (2018) y la selección de puntos de Casadei-Ferreira et al. (2020), que correlacionan el contorno cefálico con la biomecánica mandibular. Para la mandíbula izquierda, se empleó una plantilla tipo “peine” y se registraron 2 landmarks tipo I y 16 semilandmarks, siguiendo protocolos estandarizados de digitalización mandibular (Casadei-Ferreira et al., 2021). Todas las imágenes se transformaron a formato TPS usando el software tpsUtil64. La digitalización final de landmarks y semilandmarks se llevó a cabo en tpsDig2 64. La variable principal fue la forma, definida por las coordenadas (x, y) de los puntos digitalizados. Las configuraciones de puntos se estandarizaron mediante Superposición de Procrustes (GPA) para eliminar los efectos de tamaño, traslación y rotación. Las variaciones en forma se analizaron en un espacio morfológico bidimensional y se visualizaron mediante mallas de deformación

Resultados y Discusión

Los análisis morfométricos revelaron que el grado de urbanización influye de manera diferenciada en las estructuras morfológicas de *P. clavata*. Para la conformación cefálica, se encontraron diferencias significativas entre los ambientes urbano y rural ($F: 16,43; p < 0,0025$), lo que sugiere un cambio morfológico asociado al alto grado de perturbación. En contraste, la comparación entre el ambiente rural y el de sendero no mostró una diferencia significativa ($F: 1,82; p < 0,1275$), indicando una similitud morfológica entre estos dos hábitats menos intervenidos. Por otro lado, la estructura mandibular mostró una respuesta más sensible y específica. Las diferencias fueron significativas tanto en la comparación urbano-rural ($F: 11,75; p < 0,0250$) como en la rural-sendero ($F: 4,44; p < 0,0025$). Esto indica que la conformación de la mandíbula responde de manera más fina a la disponibilidad de recursos alimenticios y a las distintas estrategias de forrajeo que exige cada entorno, siendo una estructura con una alta capacidad de adaptación local. Estos hallazgos confirman que la urbanización actúa como un filtro ambiental que moldea la morfología funcional de *P. clavata*. La variación cefálica asociada a la perturbación coincide con la teoría ecomorfológica, que postula que la forma de las estructuras está ligada a su uso en el entorno (Ospina-Garcés y Baena, 2025). La mayor plasticidad de la mandíbula es consistente con estudios que demuestran su alta especialización, como las mandíbulas “trap-jaw” del género *Strumigenys*, que evolucionan para optimizar la captura de presas (Booher et al., 2021). Nuestros resultados se alinean con el fenómeno de

homogeneización biótica en ciudades, donde se filtran especialistas y se favorecen generalistas con plasticidad fenotípica (Johnson & Munshi-South, 2017). Las hormigas urbanas suelen desarrollar combinaciones de rasgos para maximizar su eficiencia, como *P. megacephala*, que combina patas largas para termorregulación con un cuerpo pequeño para explotar desechos (Penick et al., 2015).

Conclusiones

Este estudio demostró que la urbanización actúa como un filtro ambiental que moldea diferencialmente la morfología de las *P. clavata*. La estructura mandibular mostró ser altamente sensible, adaptándose localmente incluso entre hábitats con distinta perturbación, lo que refleja su respuesta directa a los recursos alimenticios. En contraste, la conformación cefálica solo varió significativamente entre los ambientes más extremos, indicando que responde principalmente al grado de perturbación general. Estos hallazgos aportan evidencia morfométrica de la adaptación local en gradientes urbanos y respaldan el uso de la morfometría geométrica como herramienta de bioindicación. Futuras investigaciones deberían integrar el análisis de la dieta y comportamiento para evaluar la plasticidad fenotípica para comprender integralmente cómo la urbanización remodela las comunidades de insectos.

Referencias Bibliográficas

Bregman, T., Lees, A., MacGregor, H., Darski, B., Moura, N., Aleixo, A., Barlow, J., & Tobias, J. (2016). Using avian functional traits to assess the impact of land-cover change on ecosystem processes linked to resilience in tropical forests. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283(1832), 20161289. <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.1289>

Casadei-Ferreira, A., & Feitosa, R. M., & Pie, M. R. (2022). Size and shape in the evolution of the worker head in *Pheidole* ants (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Zoology*, 317. <https://doi.org/10.1111/jzo.12978>

Casadei-Ferreira, A., Friedman, N. R., Economo, E. P., Pie, M. R., & Feitosa, R. M. (2021). Head and mandible shapes are highly integrated yet represent two distinct modules within and among worker subcastes of the ant genus *Pheidole*. *Ecology and Evolution*, 11(9), 6104–6118. <https://doi.org/10.1002/ece3.7422>

Delsinne, T., Sonet, G., & Arias-Penna, T. (2019). Subfamilia Paraponerinae. En *Hormigas de Colombia* (Cap. 21). Universidad Nacional de Colombia.

Fahrig, L. (2017). Ecological responses to habitat fragmentation per se. *Annual Review*

of Ecology, Evolution, and Systematics, 48, 1–23. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110316-022612>

Johnson, M. T. J., & Munshi-South, J. (2017). Evolution of life in urban environments. *Science*, 358(6363), eaam8327. <https://doi.org/10.1126/science.aam8327>

Merckx, T., Souffreau, C., Kaiser, A., Baardsen, L. F., Backeljau, T., Bonte, D., Brans, K. I., Cours, M., Dahirel, M., Debortoli, N., De Wolf, K., Van Dyck, H. (2018). Body-size shifts in aquatic and terrestrial urban communities. *Nature*, 558(7708), 113–116. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0140-0>

Peng, M.-H., Liu, K.-L., Tsai, C.-Y., Shiodera, S., Haraguchi, T. F., Itoh, M.B. (2023). Urbanization influences the trophic position, morphology, and colony structure of invasive African big-headed ants (Hymenoptera: Formicidae) in Taiwan. *Myrmecological News*, 33, 197-209. https://doi.org/10.25849/myrmecol.news_033:197

Samung, Y., Chaiphongpachara, T., Ruangsittichai, J., Sriwichai, P., Phayakkaphon, A., Jaitrong, W., Dujardin, J.-P., & Sumruayphol, S. (2022). Species discrimination of three *Odontomachus* (Formicidae: Ponerinae) species in Thailand using outline morphometrics. *Insects*, 13(3), 287. <https://doi.org/10.3390/insects13030287>

Tatsuta, H., Takahashi, K. H., & Sakamaki, Y. (2018). Geometric morphometrics in entomology: Basics and applications. *Entomological Science*, 21(2), 164–184. <https://doi.org/10.1111/ens.12293>