

Caracterización del comportamiento de construcción de nidos, degradación de lignocelulosa y el potencial de residuos agroindustriales en la construcción sostenible

Characterization of nest-building behavior, lignocellulose degradation, and the potential of agroindustrial waste in sustainable construction

Mónica M. Dazzini Langdon¹, Leonardo Ortega López², Gabriela Salazar Mogollón³, David Romero Estévez⁴, Franklin Sánchez Pila⁵

1 Universidad Regional Amazónica Ikiam, Facultad de Arquitectura Sostenible, Tena, Ecuador. <https://orcid.org/0000-0001-7045-2887>

2 Universidad Regional Amazónica Ikiam, Tena, Ecuador. <https://orcid.org/0000-0002-0819-0721>

3 Universidad Regional Amazónica Ikiam, Tena, Ecuador. <https://orcid.org/0000-0002-0756-6184>

4 Pontificia Universidad Católica del Ecuador, CESAQ-PUCE, Quito, Ecuador. <https://orcid.org/0000-0003-1381-9464>

5 Universidad Regional Amazónica Ikiam, Tena, Ecuador. <https://orcid.org/0000-0002-6840-4576>

Autor de correspondencia: monica.dazzini@ikiam.edu.ec

DOI: <https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.csbb.e4>

Resumen

Este estudio investiga el comportamiento de construcción de nidos en insectos sociales y su potencial aplicación en el desarrollo de materiales sostenibles a partir de residuos agroindustriales lignocelulósicos. La investigación se centra en comprender los mecanismos de degradación de lignocelulosa que realizan las termitas mediante simbiosis microbianas, y cómo estos procesos naturales pueden inspirar el tratamiento de residuos para fabricar materiales constructivos. Asimismo, en una primera etapa se identificarán y caracterizarán los biocompuestos como, enzimas y en una segunda etapa, se realizarán experimentos de formulación de composites con residuos agrícolas locales. Asimismo, los patrones de construcción de nidos informan el diseño de materiales con mejor desempeño térmico-estructural. Se prevee que esta integración reduce el impacto ambiental y contribuye a la economía circular, ofreciendo una alternativa viable a los materiales convencionales, mientras al mismo tiempo se explora el potencial insecticida y/o fungicida reportado por saberes

locales de comunidades indígenas e informado escasamente en la literatura científica.

Palabras clave: Biocompuestos. Compuestos bioactivos. Control de plagas. Diálogo de saberes. Termitas.

Abstract

This study investigates nest-building behavior in social insects and its potential application in the development of sustainable materials from lignocellulosic agroindustrial waste. The research focuses on understanding the lignocellulose degradation mechanisms carried out by termites through microbial symbiosis, and how these natural processes can inspire waste treatment for manufacturing construction materials. In a first stage, biocompounds such as enzymes will be identified and characterized; in a second stage, composite formulation experiments will be conducted using local agricultural waste. Likewise, nest construction patterns inform the design of materials with improved thermal-structural performance. This integration is expected to reduce environmental impact and contribute to the circular economy, offering a viable alternative to conventional materials, while simultaneously exploring the insecticidal and/or fungicidal potential reported by local knowledge of indigenous communities and scarcely documented in the scientific literature.

Keywords: Biocompounds. Bioactive compounds. Pest control. Dialogue of knowledge. Termites.

Introducción

El presente estudio investiga el comportamiento de construcción de nidos en insectos sociales, como hormigas y termitas, y su potencial aplicación en el desarrollo de materiales de construcción sostenibles a partir de residuos agroindustriales lignocelulósicos. Estos residuos, abundantes en desechos de pulpa de frutas y otros subproductos agrícolas, representan una oportunidad para la creación de compuestos estructurales innovadores y ecológicos. La investigación se centra en comprender los mecanismos de degradación de lignocelulosa —constituida por celulosa, hemicelulosa y lignina— que las termitas realizan de manera eficiente gracias a simbiosis microbianas, así como en analizar cómo estos procesos naturales pueden inspirar el tratamiento y la reutilización de residuos en la fabricación de materiales constructivos.

Por otro lado, el uso excesivo de plaguicidas sintéticos en la agricultura y la construcción ha generado impactos ambientales y en la salud humana, como la contaminación de suelos y agua, y la resistencia de plagas (FAO, 2021). Paralelamente, la acumulación de residuos

agroindustriales lignocelulósicos representa un desafío global, con aproximadamente 1,300 millones de toneladas generadas anualmente (FAO, 2021). En este contexto, las soluciones basadas en la naturaleza y los saberes locales emergen como alternativas promisorias para abordar estos problemas. Comunidades indígenas de la Amazonia utilizan material de nidos de termitas abandonados como sahumero para ahuyentar insectos, observando que estos nidos no son colonizados por otros insectos ni parasitados una vez abandonados (entrevistas etnográficas, 2023).

Este estudio busca integrar saberes locales con metodologías científicas para validar estas propiedades y explorar su potencial aplicación. Estos saberes sugieren la presencia de compuestos bioactivos con propiedades insecticidas y/o fungicidas en los nidos, lo que coincide con estudios previos que reportan metabolitos secundarios en termitas con actividad biológica (Watanabe & Tokuda, 2010; Chouvenec et al., 2021). La hipótesis de esta investigación propone que los montículos de termitas contienen compuestos bioactivos con actividad insecticida y fungicida, los cuales pueden ser incorporados en biocompuestos derivados de residuos agroindustriales para aplicaciones sostenibles en la construcción y el control de plagas. Asimismo, se observa que la organización espacial y los patrones de construcción de nidos en insectos pueden informar el diseño de materiales con mejor desempeño térmico-estructural.

Metodología

a. Diseño experimental

Se plantea un diseño experimental en fases, que incluye: 1) Recolección de muestras: Se recolectarán nidos de termitas de especies como *Nasutitermes* sp. y *Cornitermes* sp. en colaboración con las comunidades locales. Las muestras se transportarán en condiciones controladas para preservar su integridad química, 2) Caracterización química: a) Extracción de compuestos: Se emplearán técnicas de extracción y métodos de maceración asistida por sonicación, b) Análisis cromatográfico: Se utilizará GC-MS para compuestos volátiles y semivolátiles, y UPLC-QTOF-MS para compuestos no volátiles.

b. Bioensayos

En una segunda etapa, se evaluará la actividad insecticida frente a insectos modelo (ej. *Aedes aegypti*) y la actividad fungicida contra hongos fitopatógenos (ej. *Fusarium oxysporum*), para el desarrollo de biocompuestos. Identificando los componentes, se establecerán los protocolos para incorporar en estudios futuros matrices de residuos agroindustriales (cáscaras de mango, plátano y coco) para la fabricación de prototipos de paneles con propiedades potenciales

insecticidas y/o fungicidas.

c. Análisis estadístico

Los datos se analizarán mediante estadística descriptiva, ANOVA y análisis multivariante (PCA) para identificar correlaciones entre la composición química y la actividad biológica.

Resultados y discusión

Resultados preliminares y observaciones etnográficas

Las comunidades indígenas reportan que el material de los nidos de termitas, utilizado como repelente de insectos, mosquitos y moscas, previene el crecimiento de hongos en espacios cerrados. Estas observaciones coinciden con estudios que atribuyen a las termitas la producción de compuestos con actividad antimicrobiana, como terpenos y fenilpropanoides (Sun & Scharf, 2010; Grace, 2014) los que deberán ser verificados para estas especies locales.

Asimismo, existiría una potencial aplicación en biocompuestos, para lo cual se desarrollarán protocolos para la incorporación de compuestos en matrices de residuos agroindustriales podría resultar en materiales de construcción con funcionalidades adicionales, como la reducción de plagas en almacenes o invernaderos. Esta aproximación alinearía con los principios de la economía circular (Geissdoerfer et al., 2017), transformando residuos en recursos de alto valor agregado.

Conclusiones

Los hallazgos preliminares sugieren según los saberes locales de comunidades indígenas que los nidos de termitas pudieran poseer propiedades insecticidas y fungicidas, lo que justifica su estudio científico. Esta investigación integra conocimientos tradicionales, “diálogo de saberes”, con metodologías analíticas contemporáneas, promoviendo la valorización de recursos naturales y residuos agroindustriales. Se recomienda, a) Realizar estudios químicos y biológicos para validar las propiedades insecticidas y/o fungicidas de los nidos, b) Explorar sinergias entre compuestos bioactivos y matrices de residuos para el desarrollo de biocompuestos funcionales, c) Establecer colaboraciones con comunidades locales para asegurar un enfoque ético y sostenible. Se concluye que la integración de estos residuos en la construcción no solo reduce el impacto ambiental, sino que también contribuye a la economía circular, ofreciendo una alternativa viable y sostenible a los materiales convencionales.

Referencias bibliográficas

Ali, S. S., Al-Tohamy, R., & Sun, J. (2020). Recent advances in the biodegradation of lignocellulose by termite gut symbionts. *Bioresource Technology*, 315, 123261.

Ashori, A. (2008). Wood-plastic composites as promising green-composites for automotive industries! *Bioresource Technology*, 99(11), 4661-4667.

Chouvenc, T., Li, H. F., Austin, J., Bordereau, C., Vargo, E. L., & Su, N. Y. (2021). Comparative study of the gut microbiomes and defense capabilities of termites with different nesting strategies. *Environmental Entomology*, 50(2), 268-279.

Contour-Ansel, D., Garnier-Sillam, E., & Lachaud, J. P. (2000). The role of organic matter in the structure of nests of termites (Isoptera) in tropical forests. *Sociobiology*, 36, 1-14.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). Global food losses and food waste - Extent, causes and prevention.

Faruk, O., Bledzki, A. K., Fink, H. P., & Sain, M. (2012). Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000–2010. *Progress in Polymer Science*, 37(11), 1552-1596.

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy—A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768.

Grace, J. K. (2014). Microbial degradation of termite mounds and implications for construction durability. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 86, 244-249.

Jeanson, R. (2012). Long-term dynamics in proximity networks in ants. *Animal Behaviour*, 83(4), 915-923.

King, H., Ocko, S., & Mahadevan, L. (2015). Termite mounds harness diurnal temperature oscillations for ventilation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(37), 11589-11593.

Li, Z., & Greening, C. (2022). The role of termite gut microbiota in lignocellulose digestion. *Current Opinion in Microbiology*, 65, 1-9.

Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. (2022). Anuario de Estadísticas Agropecuarias.

Pickering, K. L., Efendy, M. A., & Le, T. M. (2016). A review of recent developments in natural fibre composites and their mechanical performance. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 83, 98-112.

Pie, M. R., Rosengaus, R. B., & Traniello, J. F. (2004). Nest architecture, activity pattern, worker density, and the dynamics of disease transmission in social insects. *Journal of Theoretical Biology*, 226(1), 45-51.

Pinter-Wollman, N. (2015). Nest architecture shapes the collective behaviour of harvester ants. *Biology Letters*, 11(10), 20150695.

Poletto, M., Zattera, A. J., & Santana, R. M. C. (2012). Thermal decomposition of natural fibers: Kinetics and degradation mechanisms. In *Thermal Decomposition of Polymer* (pp. 115-132). Springer.

Sun, J. Z., & Scharf, M. E. (2010). Exploring the integrative processes of termite digestion. *Insectes Sociaux*, 57(1), 1-10.

Theraulaz, G., & Bonabeau, E. (1999). A brief history of stigmergy. *Artificial Life*, 5(2), 97-116.

Turner, J. S., & Soar, R. C. (2008). Beyond biomimicry: What termites can tell us about realizing the living building. *First International Conference on Industrialized, Intelligent Construction*, 1-18.

United Nations Environment Programme. (2020). *Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector*.

Wang, L., Zhang, Y., & Gao, P. (2020). A novel approach for the extraction of carotenoids from fruit wastes and their application in composites. *Waste Management*, 118, 1-9.

Watanabe, H., & Tokuda, G. (2010). Cellulolytic systems in insects. *Annual Review of Entomology*, 55, 609-632.

Weigand, A., Abrahamczyk, S., Aubin, I., Bitá-Nicolae, C., Bruelheide, H., Carvajal-Hernández, C. I., ... & Kessler, M. (2020). Global fern and lycophyte richness explained: How regional and local factors shape plot richness. *Journal of Biogeography*, 47(1), 59-71.