



**Agroecological
Regenerative
Cocoa** COLOMBIA • ECUADOR • PERU



Rasgos funcionales y conocimientos de los agricultores para predecir la descomposición de la hojarasca; implicaciones para el diseño de sistemas agroforestales de cacao en Colombia

Mayra van der Vrande



Mayra es nacional de los Países Bajos. Tiene experiencia en sistemas agrícolas sostenibles y en planificación paisajística. Desarrolló el presente estudio en conjunto con la Alianza Bioersity & CIAT en el contexto de su tesis de maestría en Biología en Wageningen University & Research.



Resumen

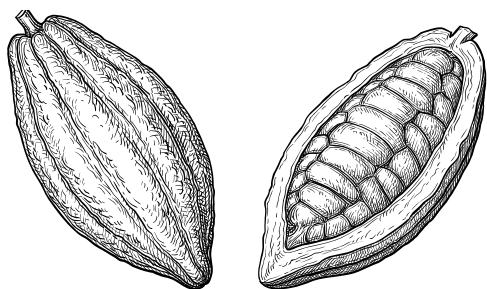
La descomposición de la hojarasca es un proceso ecosistémico clave que influye en el ciclo de nutrientes, lo cual es altamente relevante en los sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.) de bajo aporte de nutrientes, donde las deficiencias nutricionales son comunes. Los árboles de sombra proporcionan materia orgánica para la descomposición, por lo que la selección y gestión de árboles de sombra pueden mejorar los aportes de nutrientes. Se sabe que los rasgos funcionales afectan las tasas potenciales de descomposición de la hojarasca. Los rasgos relacionados con estrategias de adquisición rápida de recursos tienden a

umentar las tasas de descomposición, mientras que aquellos relacionados con estrategias conservadoras de recursos ralentizan la descomposición. En este estudio evaluamos cómo esto se aplica a las especies de árboles de sombra en sistemas agroforestales (SAF) de cacao. El objetivo de este estudio era investigar el papel de los rasgos funcionales y el conocimiento de los agricultores en la selección de árboles de sombra para mejorar la descomposición de la hojarasca y la liberación de nutrientes. En Colombia, se visitaron 46 fincas con SAF de cacao y se midieron 11 rasgos funcionales para especies seleccionadas de árboles de sombra: contenido

de nitrógeno, fósforo, potasio, carbono y clorofila en las hojas; área foliar específica; altura máxima; densidad de la madera; caducidad; capacidad de fijación de nitrógeno y relación carbono-nitrógeno. Se pidió a los agricultores que clasificaran las especies según sus efectos sobre la fertilidad del suelo y la descomposición. Se estableció un experimento de hojarasca en un jardín común para evaluar la pérdida de hojas en tiempos de 39, 95 y 133 días para 16 especies de árboles de sombra y *T. cacao* para determinar la constante de descomposición exponencial k . Se probó si los rasgos funcionales predecían la tasa de descomposición y si el conocimiento local estaba correlacionado con la tasa de descomposición. Los contenidos de nutrientes en las hojas predijeron las tasas de descomposición, donde el potasio (K) fue de alta relevancia, indicando efectos específicos de especies en las interacciones del suelo y una posible limitación de K. El conocimiento de los agricultores respaldó los resultados experimentales, destacando la descomposición de hojas como un factor clave para mejorar la fertilidad del suelo en agroforestería de cacao. Esta investigación demuestra la importancia de las especies arbóreas adquisitivas de recursos en el reciclaje de nutrientes en los SAF de cacao y enfatiza el papel del conocimiento de los agricultores en fortalecer las decisiones de selección de especies para mejorar el ciclo de nutrientes.

Introducción

Los sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.) han ganado atención como estrategia para la agricultura sostenible porque conservan los servicios ecosistémicos, aumentan la cobertura arbórea y diversifican los ingresos de los agricultores, especialmente ante la creciente demanda de productos de cacao orgánico y de alta calidad. Estos sistemas pueden incluir una variedad de árboles de sombra, arbustos y cultivos, lo que no solo diversifica los ingresos y la dieta de los agricultores, sino que también puede mejorar la calidad y el valor del cacao. Además, los sistemas agroforestales de cacao promueven la biodiversidad, mejoran la conectividad del paisaje y mitigan el cambio climático al aumentar las reservas de carbono.



El ciclo de nutrientes en los agroecosistemas se ve afectado significativamente por la incorporación de árboles, que aportan nutrientes complementarios y reducen la lixiviación, además de aumentar y diversificar la entrada de nutrientes a través de la hojarasca depositada en el suelo. La descomposición de la hojarasca es un proceso clave que influye en la disponibilidad de nutrientes, mejorando la absorción de nitrógeno y potasio, aunque algunas especies fijadoras de nitrógeno pueden competir por el fósforo disponible.

Las tasas de descomposición de la hojarasca están mediadas por los rasgos funcionales de las especies de sombra. La calidad de la hojarasca, asociada a su contenido de nutrientes y compuestos estructurales, es un predictor importante de la descomposición. Las hojas con alta área foliar específica (SLA, por sus siglas en inglés) y contenido de nitrógeno suelen descomponerse más rápidamente, lo que mejora el ciclo de nutrientes. Sin embargo, este conocimiento aún no se ha aplicado ampliamente para guiar la selección de especies en sistemas agroforestales de cacao.

Para mejorar la selección de especies de árboles de sombra y los servicios ecosistémicos proporcionados es fundamental comprender las diferencias en la descomposición de la hojarasca entre especies. Integrar el conocimiento local de los agricultores, que entienden las características funcionales de los árboles, con los hallazgos experimentales puede resultar en recomendaciones más prácticas y aceptadas. Esto no solo optimiza el diseño de sistemas agroforestales, sino que también promueve la productividad y la resiliencia de la agricultura del cacao. En este sentido, en este artículo explicaremos cómo los rasgos funcionales de las especies de árboles de sombra influyen en las tasas potenciales de descomposición en un experimento de jardín común, y en qué medida esto se correlaciona con las preferencias de los agricultores.

Análisis de resultados

Descomposición potencial de la hojarasca de los árboles de sombra en la agrosilvicultura del cacao

Las hojas con altas concentraciones de nutrientes tienden a descomponerse más rápidamente. Esta observación está alineada con la hipótesis sobre el espectro económico de las hojas, que sugiere que los rasgos funcionales de las hojas influyen en la descomposición. Aunque muchos estudios destacan la concentración de nitrógeno en las hojas (LNC, por sus siglas en inglés) como un factor principal de la descomposición (por ej. Bakker et al., 2011), en este estudio

no fue la variable más importante. Esto puede deberse a la diversidad de especies y a que la presencia de árboles fijadores de nitrógeno no incrementó significativamente el nitrógeno total del suelo

Sorprendentemente, las concentraciones de potasio en las hojas fueron el mejor predictor de la descomposición. Este nutriente no ha sido ampliamente estudiado en la descomposición en agroforestería, a diferencia del nitrógeno y el fósforo. En los sistemas agroforestales de cacao, donde el potasio es a menudo un nutriente limitante, especialmente por la extracción de nutrientes durante la cosecha de las vainas de cacao, la disponibilidad de potasio puede ser crucial para la descomposición de la hojarasca.

Finalmente, el ecosistema de descomponedores juega un papel crucial en las tasas de descomposición de la hojarasca. Se sugiere que un mayor aporte de potasio podría aumentar la actividad microbiana más que el nitrógeno. En la descomposición de la hojarasca, los hongos tienen un rol principal. Estudios recientes indican que la adición de hojarasca puede aumentar la diversidad fúngica más que la bacteriana, lo que podría ser especialmente relevante para hojas de especies como *Citrus sinensis*, que promueven el crecimiento de hongos debido a sus compuestos orgánicos volátiles (Gupta et al., 2023). Este hallazgo subraya la importancia de entender las interacciones específicas de especies y sus efectos en la descomposición en sistemas agroforestales con diferentes árboles de sombra.

Conocimientos locales sobre especies para la descomposición y la fertilidad del suelo

Los resultados sugieren que el conocimiento local ecológico ofrece información significativa sobre la utilidad y selección de especies, complementando los hallazgos experimentales. Las especies mencionadas por los agricultores con buena descomposición o correspondieron por parte con los resultados experimentales pero también hubo discrepancias. Por ejemplo, aunque los agricultores prefirieron menos los cítricos para mejorar la descomposición y la fertilidad del suelo, el experimento mostró altas tasas de descomposición para estas especies, subrayando los efectos de características específicas de las especies y el diseño experimental.

La correspondencia entre el conocimiento local y los resultados experimentales sugiere que los agricultores podrían apoyar y estar de acuerdo con las recomendaciones basadas en este estudio para mejorar la descomposición y la fertilidad del suelo. Esto podría permitir recomendaciones

más generales para la selección de especies. La colaboración con los agricultores es esencial para seleccionar especies y motivar la adopción de prácticas agroforestales. Es importante integrar el conocimiento local y externo para fomentar un diálogo bidireccional y un aprendizaje que produzca nuevos conocimientos.

Implicaciones para mejorar la descomposición y el aporte de nutrientes orgánicos en los sistemas agroforestales de cacao

Se resalta la importancia de incorporar árboles con características de adquisición de recursos en los SAF de cacao para aumentar las tasas de descomposición. Incorporar árboles con rasgos diferentes a los del cacao, como los fijadores de nitrógeno, puede mejorar la descomposición y aumentar la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Se propone plantar estos árboles dispersos en la plantación para mejorar la disponibilidad de nitrógeno, crear una red de seguridad contra la lixiviación de nutrientes y proporcionar sombra uniforme.

La poda de árboles de sombra en la agroforestería del cacao es una estrategia valiosa para modificar las condiciones microclimáticas de la finca y garantizar una mayor y regulada deposición de hojas de alta calidad (Silver et al., 2014). Aunque este artículo no recomienda estrategias específicas de poda, sugiere que la poda de especies como *Citrus spp.* podría ser beneficiosa debido a sus rápidas tasas de descomposición y sus efectos positivos en la comunidad de descomponedores. Sin embargo, es esencial evitar la poda excesiva para no reducir la capacidad de retención de agua del dosel, ya que la humedad del suelo favorece la descomposición de las hojas.

También se destaca la importancia de las hojas ricas en nutrientes y los árboles con estrategias de adquisición de recursos para mejorar la descomposición. El potasio se identificó como un buen predictor de la descomposición de hojas, lo que indica una posible limitación de este nutriente en el experimento. Se aconseja a los agricultores rotar el lugar de procesamiento de las vainas de cacao para evitar la acumulación y lixiviación de potasio, lo que puede mejorar la distribución de este nutriente y acelerar la descomposición (Hougni et al., 2021). La colaboración con los agricultores es esencial para seleccionar especies y adoptar prácticas de agroforestería que mejoren la entrada de nutrientes orgánicos, promoviendo servicios ecosistémicos como el reciclaje de nutrientes. Integrar el conocimiento local y externo en la selección de especies puede apoyar a los agricultores en el avance hacia una agroforestería sostenible.

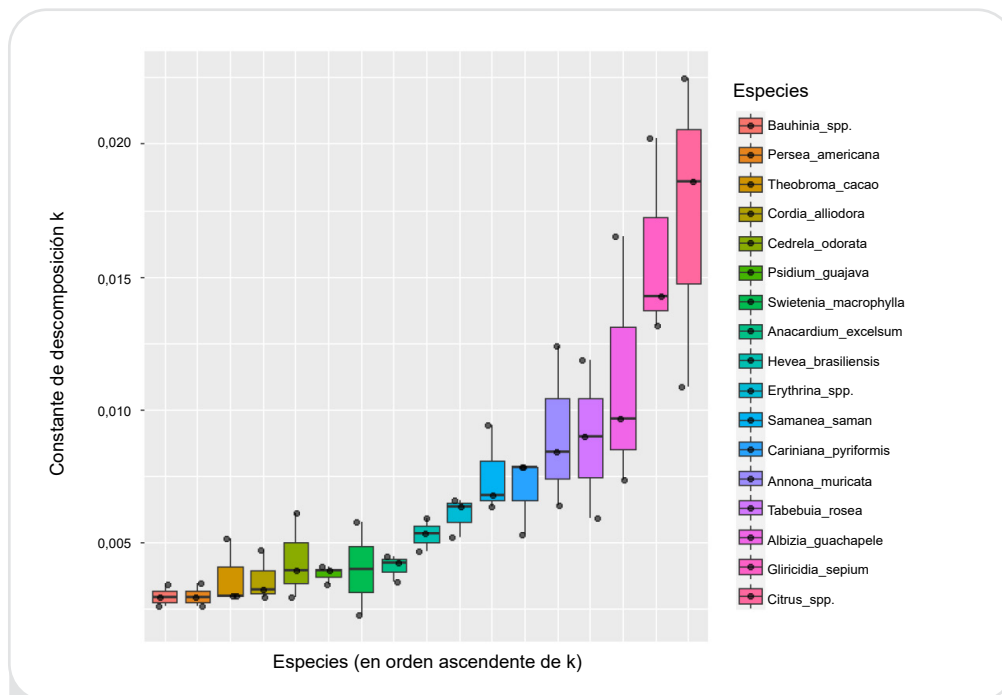


Figura 1 Diagrama de barras de la constante de descomposición (constante k) por especie. La leyenda de la especie indica el rango de valores de menor a mayor. Fuente: elaboración propia

Conclusiones

Este estudio aborda la contribución indispensable de la entrada de nutrientes orgánicos en sistemas agroforestales limitados en nutrientes con cacao en Colombia, confirmando que los rasgos de las hojas son predictores de la descomposición. Se encontró que el contenido de potasio en las hojas es un predictor fuerte de la descomposición, sugiriendo una posible limitación de potasio. Los resultados destacan la importancia de seleccionar árboles de sombra con rasgos de adquisición de recursos, especialmente fijadores de nitrógeno, y rotar el procesamiento de cáscaras de cacao en las plantaciones. El estudio destaca la necesidad de un diálogo bidireccional con los agricultores para fortalecer el apoyo y mejorar la entrada de nutrientes orgánicos. La combinación del conocimiento sobre rasgos funcionales y el conocimiento de los agricultores es esencial para el diseño y la selección de árboles de sombra en agroforestería con cacao.

Recomendaciones para el agricultor

Con base en los hallazgos, esta investigación recomienda las siguientes prácticas al agricultor:

- Plantar árboles con rasgos diferentes a los del cacao, como los fijadores de nitrógeno, puede mejorar la descomposición y aumentar la disponibilidad de nutrientes en el suelo.
- Plante estos árboles dispersos en la plantación para mejorar la disponibilidad de nitrógeno.
- Establezca una red de seguridad contra la lixiviación de nutrientes y proporcione sombra uniforme.
- Podas de especies como *Citrus spp.* podrían ser beneficiosas debido a sus rápidas tasas de descomposición y sus efectos positivos en la comunidad de descomponedores.
- Rote el lugar de procesamiento de las vainas de cacao para evitar la acumulación y lixiviación de potasio, lo que puede mejorar la distribución de este nutriente y acelerar la descomposición.

Referencias

- Bakker MA; Carreño-Rocabado G; Poorter L. (2011). Leaf economics traits predict litter decomposition of tropical plants and differ among land use types. *Functional Ecology*, 25(3), 473–483. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2010.01802.x>
- Gupta SR; Sileshi G W; Chaturvedi RK; Dagar JC (2023). Soil Biodiversity and Litter Decomposition in Agroforestry Systems of the Tropical Regions of Asia and Africa. In Dagar JC; Gupta SR; Sileshi GW (Eds.), *Agroforestry for Sustainable Intensification of Agriculture in Asia and Africa* (pp. 515–568). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-19-4602-8_16
- Hougni DGJM; Schut AGT; Woittiez LS; Vanlauwe B; Giller KE. (2021). How nutrient rich are decaying cocoa pod husks? The kinetics of nutrient leaching. *Plant and Soil*, 463(1), 155–170. <https://doi.org/10.1007/s11104-021-04885-1>
- Silver WL; Hall SJ; González G. (2014). Differential effects of canopy trimming and litter deposition on litterfall and nutrient dynamics in a wet subtropical forest. *Forest Ecology and Management*, 332, 47–55. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.05.018>

Figura 2: Sistema agroforestal diversificado en el departamento de Tolima, Colombia



 Mayra van der Vrande



Contactos

Tobias Fremout

Consultor, Área de Investigación en Paisajes Multifuncionales

✉ T.Fremout@cgiar.org

Evert Thomas

Científico Senior, Área de Investigación en Paisajes Multifuncionales

✉ e.thomas@cgiar.org



<https://allbiociat.org/3CrUVwi>



<https://alliancebioiversityciat.org>



cgiar.org