

BIOLOGÍA DE SUELOS AMAZÓNICOS



Investigador responsable: Clara Patricia Peña Venegas- cpena@sinchi.org.co

Investigadores: Erick Julián Alarcón Cortés, José Daniel Castro Torres, Juana Parente Curico, Daniela LeónVelandia

Palabras clave: suelos amazónicos, hongos benéficos, artrópodos terrestres, lombrices de tierra, diversidad y uso.

Área geográfica: Amazonas, Guainía, Caquetá y Vaupés.

Objetivo: Producir conocimiento científico sobre la diversidad biológica, socioeconómica, cultural y el aprovechamiento sostenible de la Amazonia colombiana.

Objetivos específicos: Aumentar la información disponible sobre realidad biológica, social, económica, ecológica y cultural en la Amazonia colombiana.

Importancia: Los suelos son el sustento de los bosques y la principal fuente de producción de alimentos. Los suelos amazónicos son reconocidos como suelos muy evolucionados y por ello son generalmente de baja fertilidad, teniendo limitaciones para proveer a las plantas de alimento y para sostener una producción agropecuaria prolongada. Se reconoce que la fertilidad de los suelos amazónicos no recae en su fase mineral, sino que depende de la transformación de la materia orgánica que realizan los diferentes organismos del suelo. Cuando los bosques amazónicos son deforestados o cambia su vocación de uso, los suelos comienzan a degradarse, y a perder la abundancia y diversidad de organismos del suelo, que son la maquinaria para su sostenibilidad. El estudio de la composición de las comunidades biológicas de los

suelos y cómo cambian con procesos de degradación, permite contar con información valiosa para sugerir procesos de recuperación y restauración de los ecosistemas amazónicos. Sin suelos amazónicos saludables, no hay bosques amazónicos sanos, ni alternativas económicas sostenibles para la región.

Pertinencia: Son pocas las instituciones que han estudiado a profundidad los diferentes componentes de los suelos amazónicos, incluyendo su componente biológico. Sin lugar a dudas, el Instituto SINCHI es la entidad que mayor información sobre la biodiversidad y composición de las comunidades biológicas de los suelos. Dado que su misión incluye el conocer la diversidad biológica y su potencial de uso para resolver problemas y necesidades de la región, esta biodiversidad se constituye un importante elemento para el desarrollo sostenible, la innovación, la recuperación y la biotecnología en la región.

Impacto: Los resultados de estos estudios proveen información sobre la biodiversidad de la región amazónica colombiana y contribuyen a la identificación de nuevas especies para la ciencia. Igualmente proveen información clave que permite tomar decisiones sobre cómo ocurre el proceso de degradación de los suelos y que aspectos y comunidades biológicas son claves para su recuperación. Estos estudios igualmente suministran información clave para una economía que promueva el desarrollo sostenible, basado en el potencial que tiene la biodiversidad de los suelos de la región, como lo es el caso particular de los hongos formadores de micorrizas arbusculares. Este recurso puede ser manejado como un biofertilizante natural, al reducir los costos de producción y permitir una producción más sostenible en la región, como se muestra en algunos de los resultados presentados en este informe.

Resultados:

Hongos formadores de micorrizas arbusculares

Los hongos formadores de micorrizas arbusculares son hongos benéficos que ayudan a la nutrición de las plantas, y en especial del fósforo, macroelemento escaso en los suelos amazónicos que protege las plantas de algunos patógenos, reduce el estrés de las plantas a condiciones adversas y reduce los impactos negativos en la vegetación por sequía (Baum *et al.* 2015). Adicionalmente, los HMA actúan positivamente formando agregados en el suelo, mejorando su estructura y previniendo la erosión (Soka y Ritchie 2014; Wu *et al.* 2015).

Actualmente el Instituto SINCHI cuenta con **una base de datos de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) con 1.268 registros**, de los cuales 855 corresponde a inventarios obtenidos a partir de esporas de estos hongos colectadas directamente del suelo y 413 a inventarios obtenidos a partir del uso de técnicas moleculares para identificar HMA presentes en muestras de suelo o de raíces de plantas.

A la fecha se han encontrado 15 géneros de HMA

asociados a suelos amazónicos colombianos, de los cuales se han podido determinar taxonómicamente 50 especies (Tabla 1) (Peña-Venegas 2019; Peña-Venegas *et al.* 2019; Peña-Venegas y Vasco-Palacios 2019). Adicionalmente, se han determinado secuencias de ADN de **46 especies nuevas de HMA a partir de métodos moleculares**. El estudio taxonómico de estos hongos no es fácil, y muchos de estos hongos solo pueden determinarse con facilidad, ya sea por la descripción de morfoespecies o por técnicas moleculares hasta género. En este sentido, para la Amazonia colombiana se han registrado a la fecha 126 morfoespecies (el 36.5%) y 176 taxones virtuales (el 9%) a nivel de género. La diversidad mundial de estos hongos a nivel molecular se ha estimado en aproximadamente 1.000 taxones virtuales, por cuanto la Amazonia colombiana poseería aproximadamente el 18% de la biodiversidad mundial de estos hongos. Se había estimado que la diversidad de estos hongos en la Amazonia colombiana estaría alrededor de 30%, sin embargo, el uso cada vez más frecuente de técnicas moleculares para determinar la diversidad de estos hongos, ha incrementado rápidamente los registros en todo el mundo.

Tabla 1. Inventario de hongos formadores de micorrizas arbusculares de suelos amazónicos colombianos

Género	Especies determinadas
<i>Acaulospora</i>	<i>A. colombiana, denticulata, foveata, mellea, morrowiae, rehmi, tuberculata</i>
<i>Archaeospora</i>	Sp.
<i>Ambispora</i>	<i>A. leptoticha, fennica,</i>
<i>Cetraspora</i>	<i>C. pellucida, spinosissima</i>
<i>Claroideoglossum</i>	<i>C. etunicatum, lamellosum</i>
<i>Diversispora</i>	<i>D. tortuosa, spurca</i>
<i>Funneliformis</i>	<i>F. coronatum, geosporum</i>
<i>Gigaspora</i>	<i>G. albida, decipiens</i>
<i>Glomus</i>	<i>G. claviforme, coremoides, proliferum, glomerulatum, magnicaule, microaggregatum, multicaule, pansihalos, reticulatum, rubiforme, sinuosum</i>
<i>Kuklospora</i>	<i>K. kentinensis</i>
<i>Paraglossum</i>	<i>P. brasilianum, laccatum, occultum</i>
<i>Rhizophagus</i>	<i>R. aggregatum, clarum, intraradices, manihotis</i>
<i>Sclerocarpum</i>	<i>S. amazonicum</i>
<i>Scutellospora</i>	<i>S. calospora, castanea, crenulata, heterogama, spinosa, spinosissima, striata, tepuiensis</i>
<i>Septoglossum</i>	<i>S. constrictum</i>
<i>Simiglossum</i>	<i>S. hoi</i>
<i>Viscospora</i>	<i>V. viscosa</i>

ANEXO 1 - Proyectos de investigación ejecutados en 2020

Los géneros más abundantes en la región son **Glomus**, que domina la comunidad al representar el 70% de la misma, seguido por el género

Acaulospora (Figura 1). Este último ha sido identificado como un género frecuente en suelos tropicales ácidos.

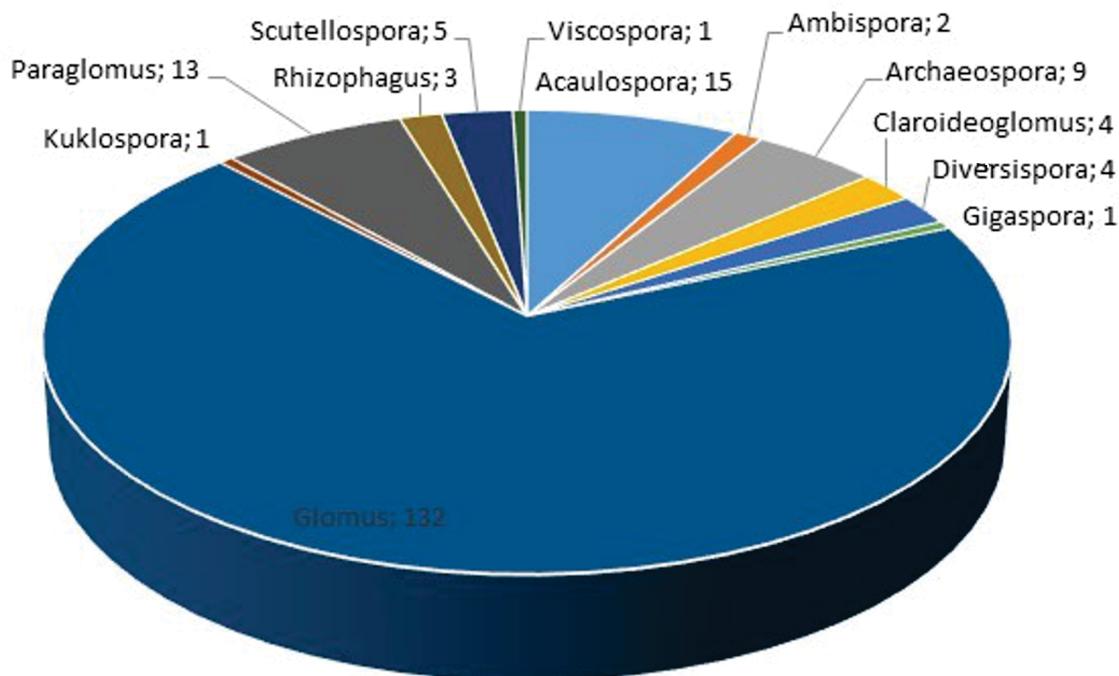


Figura 1. Composición de la comunidad de hongos formadores de micorrizas arbusculares en suelos de la Amazonia colombiana.

Macrofauna edáfica (Oligoquetos)

Las lombrices de tierra (Oligoquetos) son denominados “ingenieros del ecosistema”, siendo los principales responsables de la porosidad en el suelo, y por ende de la cantidad de agua y aire que los suelos pueden albergar. Igualmente, tienen un papel fundamental en la producción de sustancias húmicas, que se constituyen en depósitos de carbono y nutrientes en el suelo (Marichal *et al.* 2014).

A la fecha, se han reportado en la Amazonia 202 especies nativas de lombrices de tierra, la mayoría recolectadas en Brasil (Feijoo *et al.* 2017). *En la Amazonia colombiana hasta la fecha, se han encontrado 14 especies nativas* (Feijoo-Martínez *et al.* 2020) y cinco exóticas (Feijoo y Celis 2012). Los resultados muestran que las lombrices de tierra en la Amazonia colombiana, al igual que otros grupos de la región son altamente biodiversos, pero que se hace necesario un mayor número de muestreos de

estos organismos para poder estimar de manera más precisa su riqueza. Con base en los muestreos realizados en los departamentos de Amazonas, Caquetá y Putumayo, y que han sido liderados por el Instituto SINCHI, se han encontrado cinco familias de lombrices de tierra: Rhinodrilidae, Glossoscolecidae, Acanthodrilidae, Megascolecidae y Ocnerodrilidae. Igualmente se realizó la descripción de **cinco nuevas especies de lombrices de tierra (Oligoquetos) para la región: *Rhinodrilus alecrisus*, *Rhinodrilus buree*, *Rhinodrilus muruaborane*, *Rhinodrilus sinchi* y *Diachaeta (Amazo) sabalomurui*** (Feijoo-Martínez *et al.* 2020). Es importante indicar que existen pocos expertos taxónomos de Oligoquetos en Colombia que estudien la región amazónica, lo cual dificulta aún más los avances en determinar la diversidad real de lombrices de tierra con que cuenta la región, siendo un campo que abre grandes posibilidades para jóvenes investigadores interesados en estos organismos.

ANEXO 1 - Proyectos de investigación ejecutados en 2020

Macrofauna edáfica (Artrópodos)

La macrofauna está directamente relacionada con los primeros estadios de ciclaje de la materia orgánica. En especial las termitas ayudan a fijar el carbono orgánico al suelo, evitando que llegue a la atmósfera como gases invernadero. Actualmente el Instituto SINCHI cuenta con una base de datos de 10.092 muestras. De acuerdo a estos registros, se han reportado 20 grupos taxonómicos diferentes de artrópodos presentes en la

Amazonia colombiana. Los dos los grupos más abundantes y biodiversos son **Isoptera** (termitas) y **Formicidae** (hormigas), que representan más del 75% de los artrópodos de los suelos amazónicos (Figura 2). Adicionalmente, y gracias a estos muestreos y la información colectada hasta la fecha, *el Instituto SINCHI posee el mayor registro de termitas y hormigas de la Amazonia colombiana, que no existe en ninguna colección del país* (Figura 3).

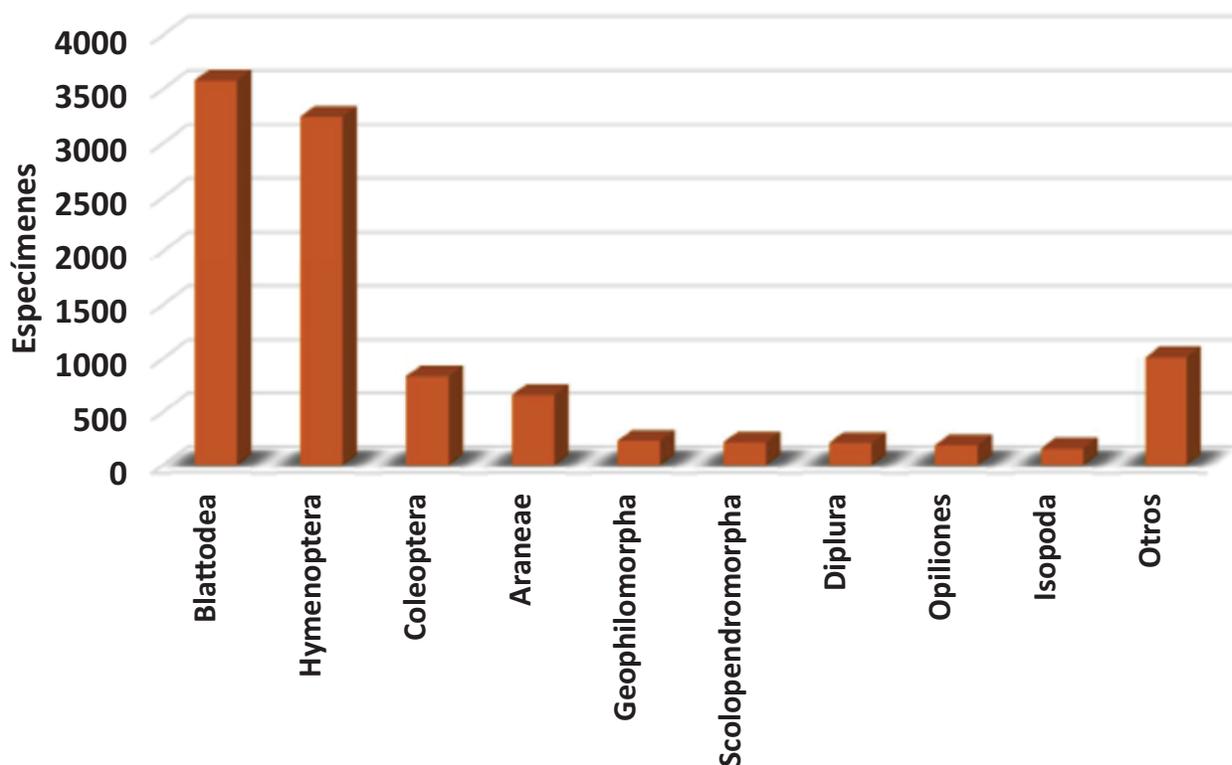


Figura 2. Ordenes de artrópodos terrestres más representativos de la Amazonia colombiana

Se han registrado **218 especies diferentes de hormigas** (Castro *et al.* 2018a), **con 12 especies reportadas por primera vez para Colombia**, siendo éste el listado más completo de hormigas reportado para la Amazonia colombiana. También se han registrado **120 especies de termitas**, incluyendo **dos géneros nuevos (*Equinotermes sp.* y *Rustitermes sp.*)** y **tres especies nuevas para la ciencia: *Equinotermes biriba*** (Castro *et al.*

2018b), *Rustitermes boteroi* (Castro *et al.* 2020) y *Acorhinotermes claritae* (Castro y Scheffrahn 2019), además de **43 especies como nuevos registros para el país** (Castro y Peña-Venegas 2018). En el grupo de los diplópodos se cuenta con cinco especies confirmadas de ciempiés para la región. Y entre los arácnidos se identificó una nueva especie de araña para la ciencia en proceso de publicación.

#Genera of Formicidae

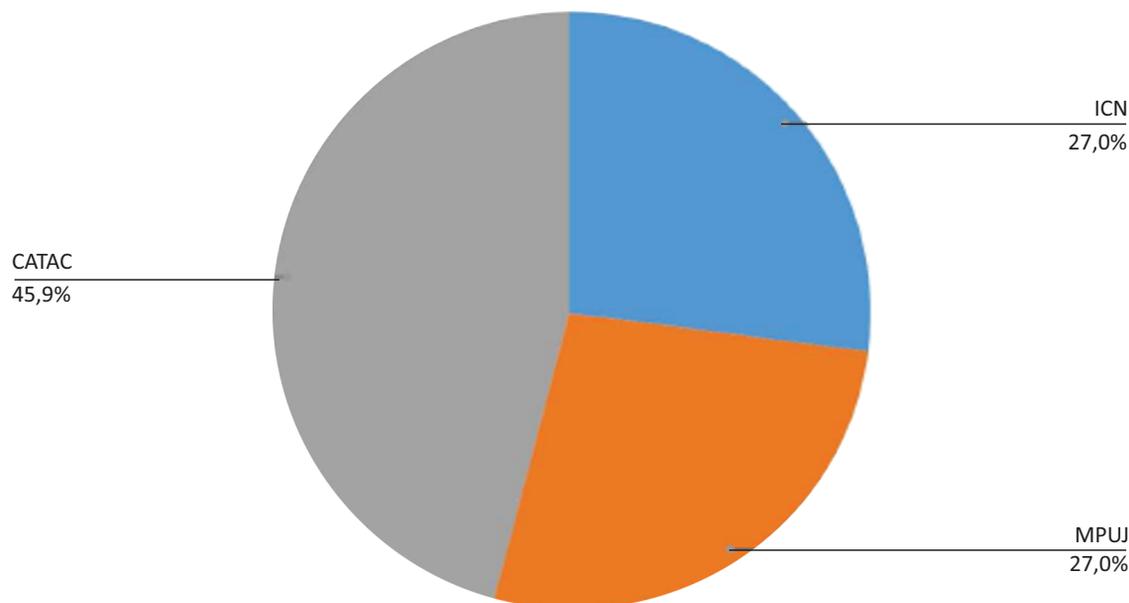


Figura 3. Géneros de hormigas amazónicas reportados o en colecciones biológicas del país. Información proveniente de CATAC: Reportes Instituto SINCHI; ICN: Instituto de Ciencias Naturales – Universidad Nacional de Colombia; MPUJ: Museo Pontificia Universidad Javeriana.

Efectos de la degradación de los suelos sobre las comunidades biológicas edáficas

Con base en los registros de las bases de datos de suelos existentes, se evaluó el efecto que la deforestación tiene sobre la biología de los suelos amazónicos. Se pudo evidenciar que la deforestación no actúa de la misma manera en todas las comunidades biológicas. En el caso de los HMA, éstos tienen a producir un mayor número de esporas en suelos degradados (Figura 4), comportamiento que ha sido corroborado por otros estudios en la Amazonia (Leal *et al.* 2013; Stürmer y Siqueira 2011). Aparentemente, una mayor producción de esporas es un mecanismo que usan estos hongos para aumentar su reproducción y búsqueda de nuevas plantas hospederas frente a una condición menos favorable de los suelos, y por un cambio en el pH del suelo (menos ácidos) que favorecería a algunos de estos hongos a esporular mas (Leal *et al.* 2013). Así, **comunidades abundantes de hongos micorriza arbuscular en los suelos, reflejan un alto grado de disturbio del ecosistema.**

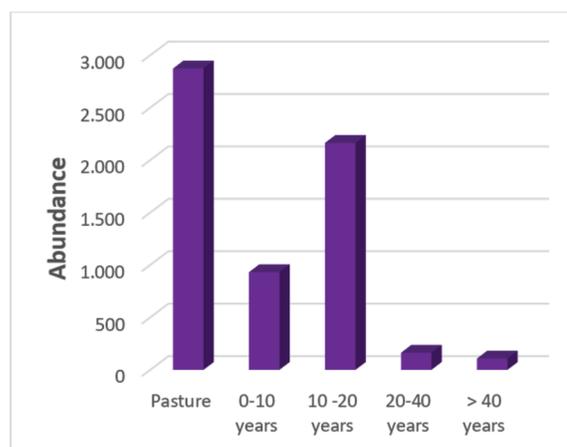


Figura 4. Abundancia de hongos formadores de micorrizas arbusculares en suelos amazónicos con diferente grado de intervención

Por el contrario, en el caso de la macrofauna edáfica, **la deforestación reduce la diversidad y abundancia de las diferentes comunidades de artrópodos, siendo mucho más susceptibles las comunidades e niveles tróficos superiores** que las comunidades de los niveles tróficos inferiores como las termitas y las hormigas (Figura 5).

ANEXO 1 - Proyectos de investigación ejecutados en 2020

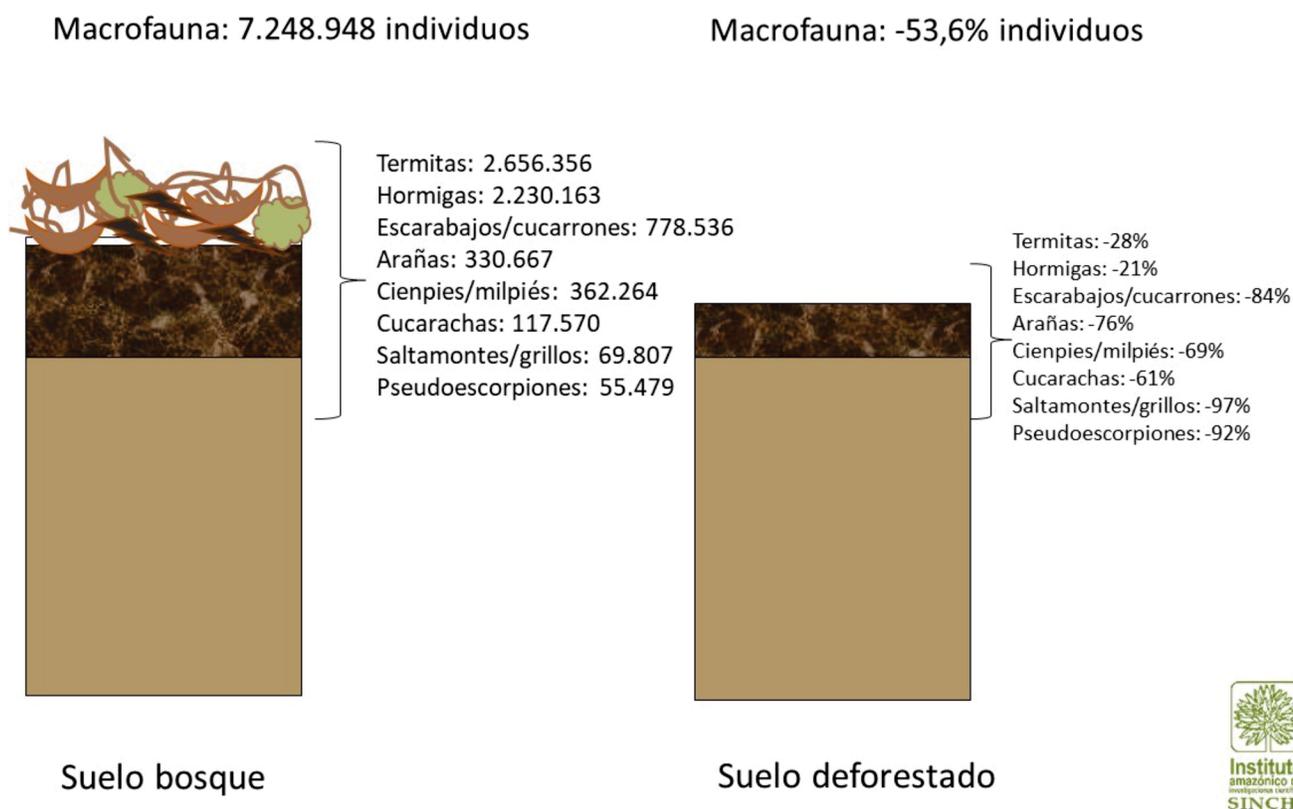


Figura 5. Efectos de la deforestación sobre la macrofauna de suelos amazónicos

Cuando un suelo degradado se deja para su recuperación natural, logra a los 10 años una buena parte de su recuperación. Sin embargo, estos suelos de regeneración natural nunca vuelven a alcanzar los niveles de diversidad de las comunidades biológicas que existen en los suelos de un bosque natural no intervenido (Figura 6). Lo anterior demuestra que una parte de la biodiversidad que existía en los suelos se pierde para siempre. Las implicaciones que esta pérdida de diversidad en el suelo no ha sido aún valorada, pero podría tener relación con la capacidad que tienen los suelos de proveer nutrientes a las plantas. Este hecho se deduce de las prácticas agrícolas indígenas, en donde se prefiere el uso de

bosques primarios para el establecimiento de chagras más importantes (la de los dueños de maloca, por ejemplo), que en bosques secundarios maduros.

Como se muestra en la figura 6, **solo después de 10 años de regeneración natural, el suelo vuelve a alcanzar unas comunidades edáficas similares a la de un bosque maduro no intervenido y con ello una fertilidad similar.** Estos resultados coinciden con las estimaciones que se han realizado en torno a los sistemas agrícolas itinerantes sobre el tiempo mínimo que requiere un suelo amazónico para poder volver a ser usado en actividades agrícolas (Coomes *et al.* 2000; Thomaz 2013).

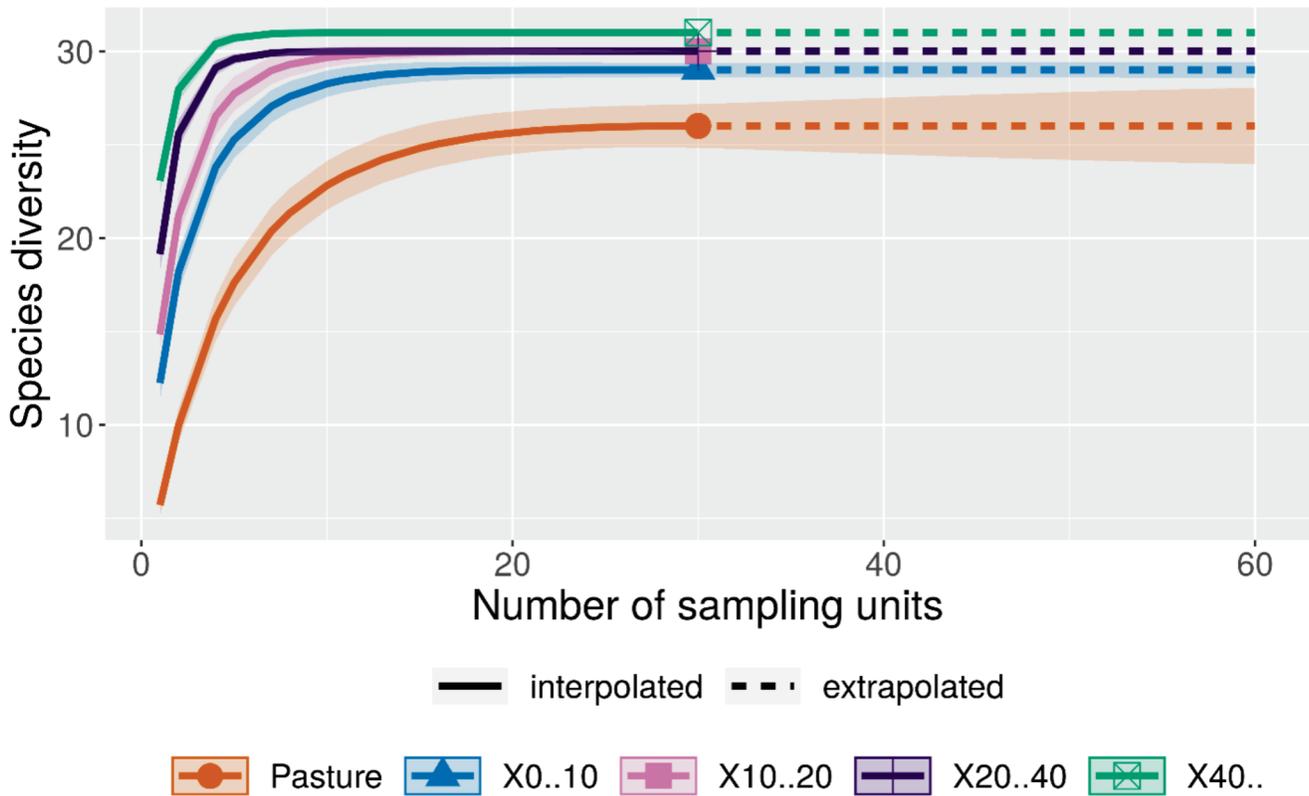


Figura 6. Diversidad de macrofauna edáfica en pasturas y en áreas de regeneración natural de diferente edad.

Diez años es un tiempo largo para familias con predios pequeños y que basan su economía en procesos agropecuarios. De allí la importancia de realizar una recuperación activa de los suelos degradados.

Contribuciones a la restauración de suelos amazónicos

Una de las alternativas que ha sido evaluada por el Instituto SINCHI es el establecimiento de sistemas productivos de caucho (*Hevea brasiliensis*) para la recuperación de áreas degradadas. Se realizó la evaluación del efecto que tiene el caucho sobre las comunidades biológicas del suelo a partir de parcelas de campos clonales establecidas en el departamento de Caquetá por el proyecto “Ampliación de la base genética de caucho natural, Caquetá, Amazonia”. Los resultados indican que las termitas, como la comunidad indicadora del estado de la macrofauna de suelos asociados a sistemas productivos de caucho, poseen una mayor abundancia en potreros con caucho que sin caucho (Figura 7).

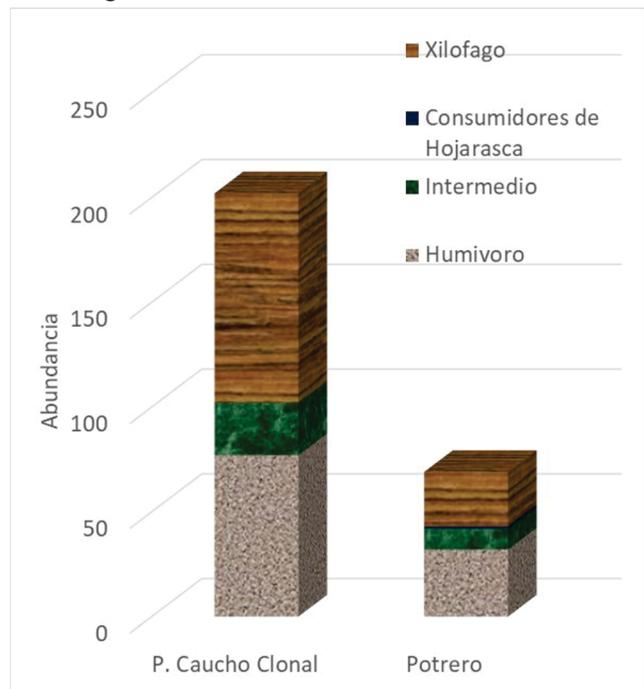


Figura 7. Abundancia de termitas en potreros con caucho y sin caucho

ANEXO 1 - Proyectos de investigación ejecutados en 2020

Por su parte, en cuanto a los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA), se evidenció que **un individuo de caucho alberga en promedio 22 especies diferentes de HMA en su raíz**. Adicionalmente, los nuevos clones de caucho seleccionados por el Instituto SINCHI como clones promisorios para la producción en la región, albergaban un mayor número de especies de estos

hongos en sus raíces, que cultivos de caucho comerciales en Asia, cultivos de soya, o de especies forestales usadas en recuperación de suelos de áreas no tropicales (Figura 8). Adicionalmente con el paso del tiempo, el caucho aumenta la cantidad HMA en las raíces del caucho (Figura 9), generando un efecto benéfico en otras plantas que crecen a su alrededor (Walder *et al.* 2012), y por ende en todo el ecosistema.

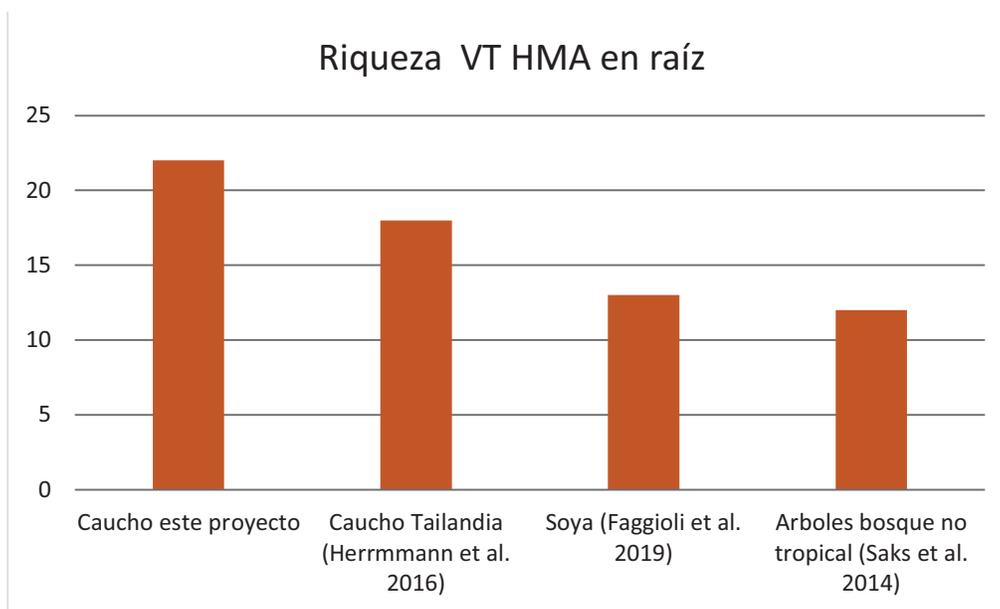


Figura 8. Riqueza de hongos formadores de micorrizas arbusculares en raíces de diferentes cultivos

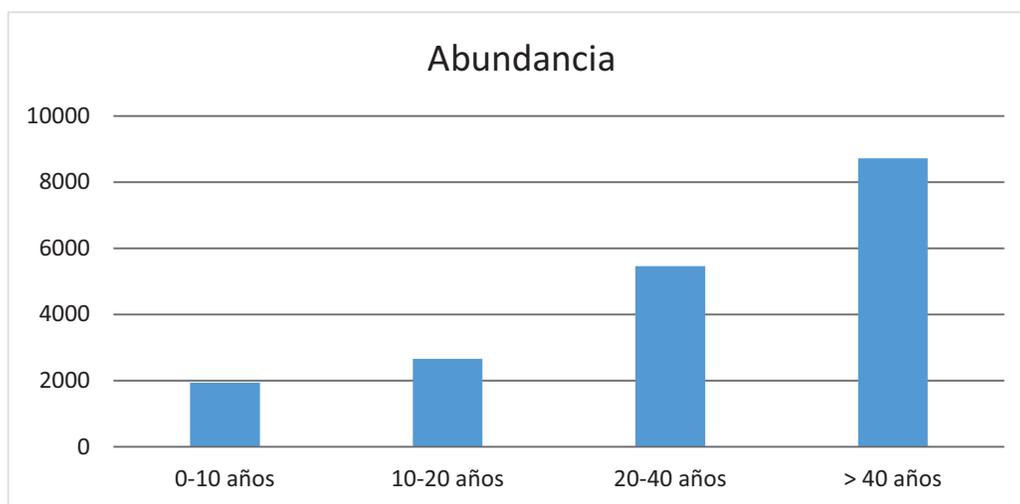


Figura 9. Abundancia de hongos formadores de micorrizas arbusculares en plantas de caucho de diferentes edades.

Por ello se puede concluir que, el caucho es una especie que puede ser recomendada para la recuperación activa de suelos degradados, ya que recupera de forma eficiente las comunidades biológicas de los suelos amazónicos.