

Evaluación del impacto de la actividad agrícola en las propiedades físicas del suelo y la influencia del *Ateles chamek* en el germinación y crecimiento vegetal de la *Inga cordatoalata* en la Estación Biológica Kawsay

Saleth Bustamante Hernández, Griselda Reyes Lucas

Introducción

La base de los ecosistemas terrestres se sustenta en el suelo, un recurso natural no renovable que se forma lentamente a partir de la meteorización de las rocas y el enriquecimiento de materia orgánica. El suelo actúa como hábitat de numerosos microorganismos y como medio natural para el crecimiento de las plantas, proporcionándoles anclaje, agua y nutrientes. Asimismo, funciona como un importante reservorio de carbono, contribuye a la purificación del agua subterránea y desempeña un papel fundamental en la provisión de servicios ecosistémicos, la salud ambiental y la seguridad alimentaria (Hakeem *et al.*, 2016), pues constituye la base para el desarrollo agrícola.

La agricultura, además de representar una fuente de materia prima y alimentos, es un factor importante para el desarrollo económico de una región, pues incrementa el PBI y genera empleo (Xolmurotov *et al.*, 2024). Por ejemplo, en la Amazonía peruana, se ha registrado que el 25% de la población económicamente activa se dedica al sector agrícola (Polo *et al.*, 2021). No obstante, a pesar de su contribución al desarrollo de la región, esta actividad tiene un impacto significativo en la degradación del suelo. Las prácticas agrícolas convencionales conllevan la pérdida de materia orgánica, la alteración del pH, compactación del suelo y procesos de erosión cuya tasa es entre 10 y 40 veces mayor que la de la formación natural del suelo (Bogunovic *et al.*, 2019). En conjunto, estos procesos contribuyen a la pérdida de fertilidad y a la disminución de la capacidad del suelo para sostener la vegetación (Campbell, 2017).

En la región de Madre de Dios, la degradación ambiental se produce por la pérdida progresiva de la cobertura forestal y el cambio de uso del suelo. Entre los años 2000 y 2020, esta región ha experimentado una intensa deforestación de 254 153 ha de bosques, concentrándose más del 50% en la provincia de Tambopata (135 071 ha) (Geobosques, 2022). Este proceso ha sido impulsado por actividades antrópicas como la minería aurífera, la construcción del Corredor Vial Interoceánico Sur y la expansión de la frontera agrícola. A ello se suma la debilidad institucional y la inestabilidad de la legislación forestal han favorecido el uso inadecuado de concesiones y el deterioro de los ecosistemas amazónicos de Madre de Dios (Vale *et al.*, 2023).

Los suelos de la Amazonía son especialmente vulnerables a la erosión y reducción de fertilidad. Estos suelos dependen del reciclaje de nutrientes proporcionados por su cobertura vegetal, y cuando esta es removida, el suelo presenta una baja fertilidad porque queda expuesto a procesos erosivos intensos debido a las condiciones climáticas de la zona (Ferreira *et al.*, 2020). Las altas precipitaciones generan una elevada erosión hídrica, que provoca escorrentía y favorece la

pérdida del horizonte productivo del suelo y el lavado de nutrientes (Wantzen et al., 2013). A ello se le suman las elevadas temperaturas en la región amazónica, que favorecen la descomposición de la materia orgánica, y las tendencias de calentamiento registradas en las últimas décadas, con temperaturas que aumentaron aproximadamente entre 0,6 y 0,7 °C en los últimos 40 años (Marengo et al., 2018), que incrementarían esta problemática. Pues, Buol et al. (2016) señalan que ante un aumento de temperatura de 3 °C se produciría una disminución del 11 % en el contenido de MOS en zonas templadas, lo que puede extrapolarse a impactos similares o mayores en regiones tropicales como la Amazonia. En consecuencia, el suelo presentará una mayor erodabilidad y menor fertilidad (Wantzen *et al.*, 2013).

Al respecto, el estudio de especies vegetales adquiere especial relevancia para comprender la respuesta de los ecosistemas frente a la degradación del suelo. Las especies pertenecientes a la familia Fabaceae, como *Inga cordatoalata*, presentan características que las convierten en organismos adecuados para este tipo de análisis. Esta especie se encuentra en la Estación Biológica Kawsay, ubicada en Madre de Dios (Perú), lo que permite evaluar su crecimiento bajo distintas condiciones edáficas. Esta leguminosa se destaca por su capacidad de fijación de nitrógeno y por el rápido desarrollo de un dosel denso, contribuyendo a la mejora de la fertilidad del suelo y a la dinámica del ecosistema (Plants of the World Online, 2026).

No obstante, la germinación de semillas no solo depende de las condiciones edáficas, sino también de los procesos ecológicos asociados a la interacción con la fauna (Steinbrecher & Leubner-Metzger, 2017). En la Amazonía peruana, especies del género *Ateles* pueden acelerar la germinación de semillas gracias a la escarificación de la cubierta de la semilla y el incremento de permeabilidad del endospermo mediante el paso por su tracto digestivo (Domínguez *et al.*, 2006). Ello facilita la absorción de agua y nutrientes y facilita la emergencia de la radícula (Fergnani *et al.*, 2020). Estos mecanismos incrementan el número de semillas germinadas y reducen el tiempo de germinación. Por ejemplo, un estudio realizado por Domínguez *et al.* (2006), determinó que el 65% de semillas que pasaron por el tracto digestivo de la especie *Ateles geoffroyi*, con respecto al grupo control, germinaron.

En este sentido, el presente estudio se justifica por la necesidad de comprender cómo la actividad agrícola modifica las propiedades del suelo y cómo estos cambios influyen en su función como soporte para la vegetación en ecosistemas amazónicos, así como comprender el efecto de especies como *Ateles chamek* en la germinación vegetal. La Estación Biológica Kawsay constituye un escenario adecuado para este análisis, al permitir la comparación entre suelos con uso agrícola y suelos de bosque bajo condiciones climáticas similares y ser un espacio de reintroducción de esta especie de primates. Evaluar estas diferencias resulta fundamental para dimensionar el impacto de la intervención antrópica sobre el suelo, un recurso natural no renovable, y resaltar la importancia de especies dispersoras de semillas como *Ateles chamek*.

Objetivos

Objetivo General

- Evaluar el impacto de las actividades agrícolas sobre las propiedades del suelo y su influencia en el desarrollo de la vegetación en la Amazonía peruana, considerando el rol de *Ateles chamek* como agente facilitador de la germinación de semillas.

Objetivos Específicos

- Comparar la germinación y el crecimiento vegetal de las semillas de *Inga cordatoalata* en dos muestras de sustrato (suelo de bosque y suelo agrícola).
- Comparar la germinación y crecimiento de las semillas de *Inga cordatoalata* que han pasado por el tracto digestivo de *Ateles chamek* con semillas no ingeridas (grupo control).
- Determinar las diferencias en las propiedades físicas del suelo en dos muestras de sustrato, suelo de bosque (SB) y suelo agrícola (SA).

Materiales y métodos

Materiales:

Para la ejecución del ensayo experimental se emplearán los siguientes materiales: Suelo proveniente de dos puntos de muestreo (suelo de bosque y suelo agrícola) de la Estación Biológica Kawsay, que será tamizado con una malla de 2 mm, y distribuido en 40 semilleros de plástico, utilizando papel reciclado en el fondo para favorecer el drenaje. El material biológico incluyó semillas de *Inga cordatoalata*, 20 provenientes de heces de *Ateles chamek* y 20 como grupo control. Para el manejo en campo y el registro, se utilizarán materiales de rotulación (masking tape y plumón indeleble), una regla milimétrica para las mediciones biométricas, un bloc de apuntes y una cámara. Para las pruebas texturales y de permeabilidad del suelo se utilizarán 4 vasos de plástico descartables con 4 perforaciones en la base, aros de cartón reciclado, un cronómetro para determinar el tiempo de caída de la primera gota y una probeta para medir los ml de agua filtrada.

Métodos:

Diseño Experimental y Condiciones de Crecimiento:

El ensayo experimental se llevará a cabo en las instalaciones de la Estación Biológica Kawsay, ubicada en la zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional de Tambopata ubicada en los distritos de Tambopata e Irambari en la Provincia de Tambopata y región de Madre de Dios (Coordenadas GMS aproximadas Zona 19S: 12° 31' 39.76" S - 69° 1' 0.41" O, para el suelo agrícola y 12° 31' 53.76" S - 68° 59' 59.20" O, para el suelo de bosque; altitud de 177 m.s.n.m.). El sustrato será recolectado de dos puntos: el suelo de bosque se obtendrá de un punto cercano a

la trocha Lindero en la concesión de conservación Kawsay, el suelo agrícola se recolectara del terreno colindante a la trocha secundaria de la concesión.

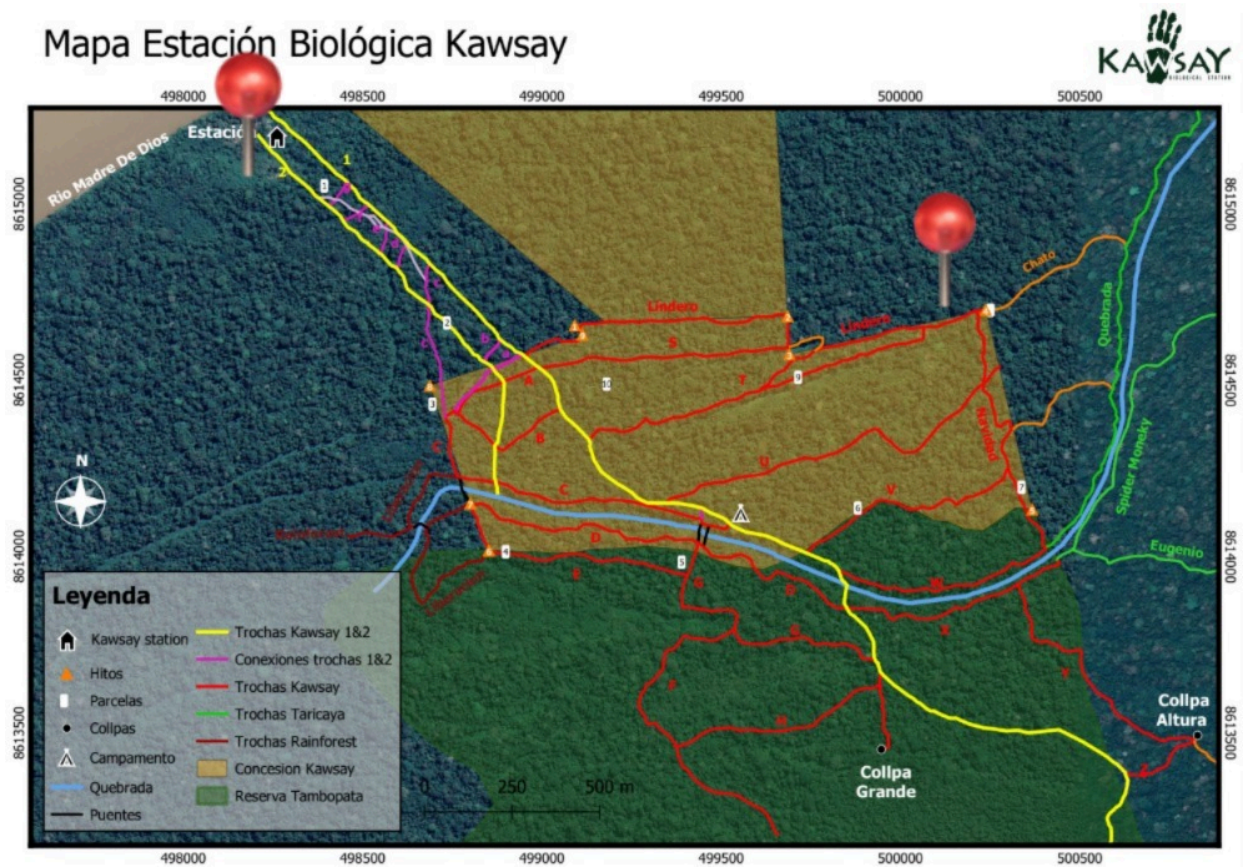


Fig.1. Mapa de la Estación Biológica de Kawsay con los puntos de muestreo

Métodos Analíticos y Determinación de altura de planta:

El monitoreo del ensayo se sustentará en mediciones periódicas de germinación y altura de planta. Primero, se determinará el tiempo de germinación y el número de semillas germinadas para cada repetición mediante un monitoreo diario de los tratamientos. Luego se realizarán mediciones no destructivas para determinar la altura de las hojas en tres momentos (26 de enero, 31 de enero y 4 de febrero), midiendo desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja más larga. Además, se realizará el análisis de las propiedades físicas sobre muestras del suelo. Para determinar las propiedades hidráulicas del sustrato, se evaluará la Capacidad de Infiltración/Retención Hídrica mediante la aplicación de una cantidad determinada de agua a muestras de suelo colocadas sobre latas recicladas y se medirá el tiempo en el que el suelo absorba el agua. También se llevará a cabo la determinación manual textural de acuerdo a la guía de la FAO.

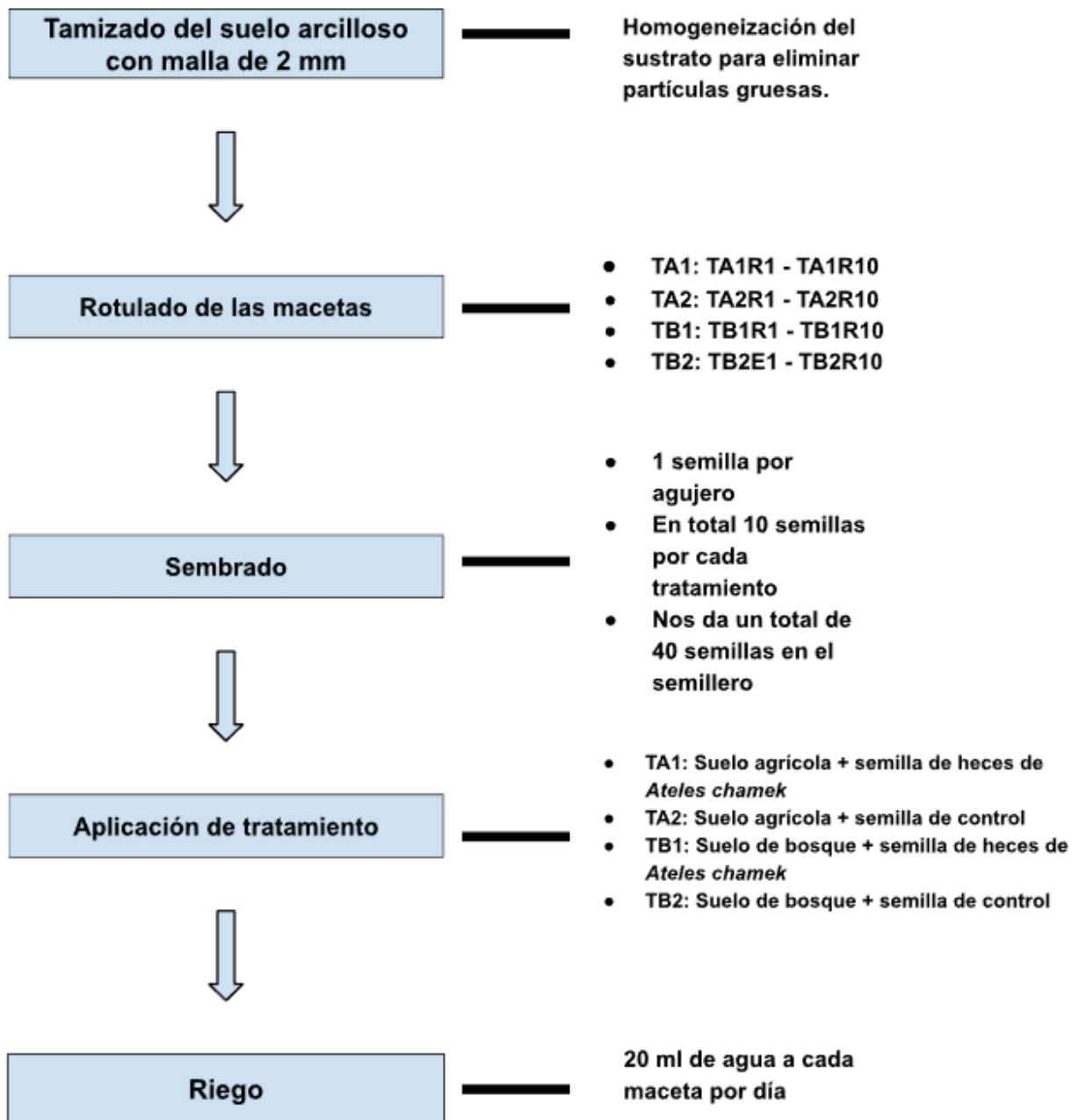


Fig.2. *Proceso de preparación*

Tabla 1: Diseño de tratamiento y repeticiones

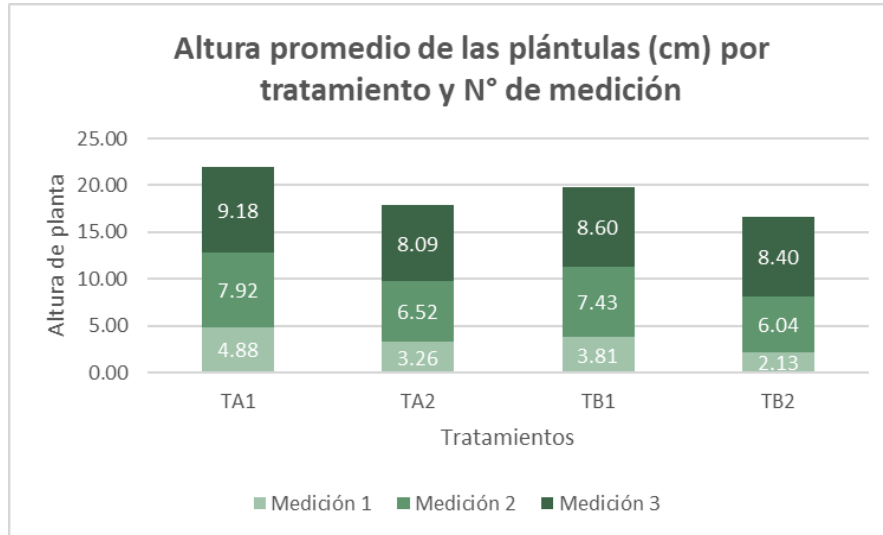
Tratamiento (T)	Tipo de suelo	Número de repeticiones	Unidades experimentales
A1	Suelo agrícola + semilla de heces de <i>Ateles chamek</i>	10	TA1R1 - TA1R10
A2	Suelo agrícola + semilla control	10	TA2R1 - TA2R10
B1	Suelo de bosque + semilla de heces de <i>Ateles chamek</i>	10	TB1R1 - TB1R10
B2	Suelo de bosque + semilla control	10	TB2R1 - TB2R10

Tabla 2: Cronograma de actividades

Fecha	Hora	Actividad
22/01/26	8 am - 11 am	Instalación del ensayo experimental
26/01/26	8 am - 10 am	1° medición de altura de planta + prueba de permeabilidad
31/01/26	8 am - 9 am	2° medición de altura de planta
04/02/26	8 am - 10 am	3° medición de altura de planta y longitud de raíz
04/02/26	10 am - 12 pm	Determinación manual de textura del suelo
04/02/26	2 pm - 6 pm	Procesamiento y análisis de datos
05/02/26	8 am - 6 pm	Redacción

Resultados:

Fig.3. Altura promedio de las plántulas (cm) por tratamiento y N° de medición



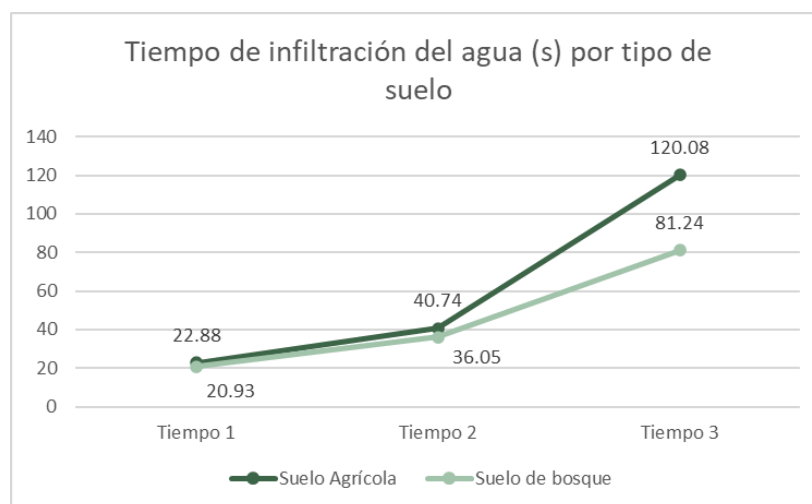
La figura muestra la altura promedio de la planta (cm) para cada tratamiento para los tres momentos de medición. En los tres momentos se presentó que el tratamiento con mayor altura fue TA1, seguido de TB1 y TA2, y finalmente TB2. Al final del ensayo, TA1 presentó una altura promedio de 9.18 cm. TB1 registró una altura promedio de 8.60 cm, TA2, una altura de 8.09 cm y por último, TB2 presentó menor diferenciación con respecto a TB1, con una altura de 8.40 cm.

Tabla 3. Germinación de semillas *Inga cordatoalata* en suelo de bosque y suelo agrícola

	TA1	TA2	TB1	TB2
Medición 1	80%	80%	70%	60%
Medición 2	90%	90%	90%	70%
Medición 3	90%	90%	90%	70%

Se demuestra que las semillas recolectadas de las heces de *Ateles chamek* tuvieron una mayor tasa de germinación que las semillas de control. Asimismo, las semillas en suelo agrícola germinaron más rápido que las que se encontraban en suelo de bosque.

Fig.4. Tiempo de filtración del agua (s) por tipo de suelo (suelo agrícola y suelo de bosque)



Se registró que el tiempo de infiltración del agua fue superior en el suelo agrícola, además este presentó una saturación más rápida que el suelo de bosque, por lo que el tiempo de infiltración para el tercer momento fue superior (120.08 s y 81.24 s para cada tipo de sustrato respectivamente).

Fig.5. Diferencia entre la granulometría del suelo agrícola y suelo de bosque en el ensayo experimental



Fig.6. Prueba textural en suelo de bosque y suelo agrícola



Discusiones:

Las propiedades físicas del suelo son un componente importante en la germinación de semillas, pues determinan factores influyentes como la capacidad del suelo para retener humedad y nutrientes, así como la aireación que recibe (Atkinson *et al.*, 2009). Las propiedades físicas de los dos tipos de suelo analizados en este estudio presentan marcadas diferencias. Por un lado, el suelo agrícola presentó bajo desarrollo radicular y menor presencia de materia orgánica, lo que originó mayor compactación en el punto de muestreo. Asimismo, se pudo clasificar su textura como arcillosa, lo que es característico de suelos de la Amazonía peruana (Arévalo-Gardini *et al.*, 2015). Por otro lado, el suelo de bosque presentó menor compactación y alta presencia de raíces y hojarasca en el punto de muestreo, lo que incrementa la materia orgánica. Del mismo modo, este suelo presenta un color más oscuro que el suelo agrícola, lo que muestra el mayor contenido de materia orgánica descompuesta (Ferrando *et al.*, 2021). También, este suelo se clasificó como arcilloso. En este sentido, al ser ambos suelos arcillosos, presentan una alta compactación producida por la elevada cohesión entre sus partículas que reduce los macroporos. Esto es importante para entender el drenaje del suelo pues, de acuerdo con la FAO (s.f.), son los macroporos los responsables del drenaje de agua por acción de la gravedad. Ello limita la filtración del agua y la ralentiza, por lo que el suelo sin enmiendas orgánicas presenta un mal drenaje. Es por ello que el tiempo de filtración encontrado en la prueba de permeabilidad se incrementa para el suelo agrícola, conforme este se va saturando rápidamente por su mal drenaje.

Así, las características de cada muestra de sustrato influyeron en la instalación del ensayo experimental. Por ejemplo, la alta compactación del suelo agrícola, constituido por arcillas de alta cohesión (Hamza *et al.*, 2025) y sin una proporción de material orgánico significativa, permitió la formación de terrones arcillosos mayores a 2 mm, lo que dificultó el tamizado. Mientras que en el suelo de bosque, el contenido de materia orgánica redujo la cohesión de las arcillas y la resistencia mecánica del suelo, lo que permitió el tamizado del suelo. De esta forma, las muestras de suelo agrícola estuvieron formadas por gránulos de mayor tamaño en comparación con el suelo de bosque. En este sentido, se encontró que las semillas de los tratamientos de suelo agrícola presentaron una mayor tasa de germinación con respecto a los de suelo de bosque (90% para TA1 y 90% para TA2 vs 90% para TB1 y 70% para TB2), así como mayor altura promedio de planta (9.175, 8.086, 8.575 y 8.400 para TA1, TA2, TB1 y TB2 respectivamente). Respecto a ello, Mutaviri (2025) establece que suelos con partículas más grandes favorecen la velocidad y el porcentaje de germinación debido a la mejor aireación y drenaje físico que permiten un adecuado intercambio gaseoso y evitan el encharcamiento. Así Valdés *et al.* (2013) encontraron que el 75% de semillas de *Jatropha curcas* germinaron en un suelo de partículas de mayor tamaño, en comparación con el 25% de semillas germinadas en un

suelo de partículas de menor granulometría, lo que es consistente con los resultados obtenidos en este estudio.

Los resultados obtenidos de germinación y tamaño de plántulas de *Inga cordatoalata* evidencian una clara diferencia entre las semillas recolectadas de las heces de *Ateles chamek* y las semillas de control. Se observó que las semillas que pasaron por el tracto digestivo del primate alcanzaron porcentajes finales de 90% de germinación para ambos suelos, mientras que para las semillas de control el porcentaje de germinación mínimo fue de 70%. Esto indica que el paso por el sistema digestivo de *Ateles chamek* favoreció la germinación, especialmente cuando se comparan los tratamientos con suelo agrícola, donde las semillas ingeridas germinaron de forma más rápida y homogénea. Este patrón concuerda con lo reportado por Domínguez *et al.* (2006), quienes encontraron que semillas de *Ficus insipida* provenientes de heces de *Ateles geoffroyi* alcanzaron una capacidad germinativa de 65%, significativamente mayor que la observada en semillas de control (8.9%). El efecto positivo observado puede estar en relación con la escarificación natural que ocurre durante la digestión, donde la acción mecánica y química debilita la testa de la semilla, facilitando la imbibición de agua y la activación del embrión (Fergnani *et al.*, 2020).

Asimismo, el crecimiento de las plantas demuestran que el tratamiento TA1 y TB1 presentaron mayor altura promedio de 9.18cm y 8.60 respectivamente para las semillas de heces, en cuanto a las semillas de control, las alturas promedios finales para TA2 y TB2 fueron de 8.09cm y 8.40cm. Los resultados muestran una tendencia consistente donde las plántulas provenientes de semillas ingeridas por *Ateles chamek* alcanzaron mayores alturas promedio. Esto sugiere que el efecto del paso digestivo no solo influye en la germinación, sino también en el vigor inicial de las plántulas, posiblemente debido a una germinación más rápida y sincronizada, lo que permite un mayor tiempo efectivo de crecimiento. Al respecto, Bai *et al.* (2024) mencionan que las heces pueden mejorar la germinación y el crecimiento debido a los nutrientes adicionales.

Conclusiones

La investigación analizó cómo las propiedades físicas del suelo y la acción de la especie *Ateles chamek* impactan en la germinación y el crecimiento de las semillas de *Inga cordatoalata*. Se encontró que las propiedades físicas del suelo tienen una relación directa con la germinación y crecimiento de la planta. La alta compactación del suelo agrícola originada por la presencia de partículas de arcilla con alta cohesión y sin materia orgánica impidió el tamizado debido a la formación de terrones de arcilla de más de 2mm. Al trabajar con partículas de mayor tamaño, se obtuvo una mejor permeabilidad y aireación en estas muestras para el ensayo experimental. Ello permitió lograr un mayor porcentaje de germinación. En contraste, el suelo de bosque, con más materia orgánica, presentó menor compactación de partículas, pues el material orgánico en las arcillas permite incrementar los macroporos y reducir la cohesión, por lo que solo se trabajó con partículas menores a 2 mm. Así, se limitó la aireación y el drenaje de agua en estas muestras, por lo que se contó con menor porcentaje de germinación y altura de planta.

Asimismo, se encontró que la baja presencia de materia orgánica presente en el suelo agrícola no fue un factor influyente en el tiempo de estudio. Ello se debe a que las semillas movilizan sus reservas internas para la germinación y formación de plántulas antes de usar las reservas del medio externo, estas son una importante fuente de carbono durante las primeras etapas de crecimiento de las plantas (Azevedo-Da-Silva et al., 2023).

Las semillas recolectadas de las heces de *Ateles chamek* tuvieron una influencia positiva en la germinación como en el crecimiento de las *Inga cordatoalata* en ambos suelos. El mayor porcentaje de germinación observado en las semillas ingeridas por el primate, en comparación con las semillas de control, evidencia que el paso por el tracto digestivo favorece los procesos germinativos, especialmente en términos de rapidez y homogeneidad, principalmente en suelos agrícolas. Este efecto concuerda con estudios previos que resaltan el rol de los primates frugívoros como agentes facilitadores de la germinación mediante la escarificación natural de las semillas durante la digestión.

Asimismo, las plántulas provenientes de semillas de heces alcanzaron mayores alturas promedio en ambos tipos de suelo, lo que indica un mayor vigor inicial respecto a las semillas de control. Este patrón sugiere que el paso digestivo no solo mejora la capacidad germinativa, sino que también influye en el desarrollo temprano de la planta, posiblemente debido a una germinación más sincronizada y a la disponibilidad de nutrientes asociados a las heces.

Por último, la deforestación en la Amazonía peruana impacta directamente en las propiedades físicas del suelo al reducir la cobertura vegetal, favorecer la compactación, disminuir el contenido de materia orgánica y aumentar los procesos erosivos, lo que limita su capacidad como soporte para el crecimiento vegetal, tal como se evidencia al comparar suelos agrícolas con suelos de bosque. Estas modificaciones condicionan los procesos iniciales de establecimiento de las plantas y afectan la germinación de semillas. En este contexto, los resultados del presente estudio muestran que el paso de las semillas de *Inga cordatoalata* por el tracto digestivo de *Ateles chamek* influye positivamente en la germinación, al incrementar los porcentajes germinativos y acelerar la emergencia de las plántulas, independientemente del grado de degradación del suelo.

Recomendaciones

Se recomienda ampliar el periodo de evaluación del estudio, ya que durante las primeras etapas de germinación y establecimiento las plántulas dependen principalmente de las reservas internas de la semilla. De este modo, la influencia del carbono y la materia orgánica presentes en el suelo podría evidenciarse con mayor claridad en fases posteriores del crecimiento vegetal, cuando las plantas comienzan a depender en mayor medida de los nutrientes del sustrato.

Adicionalmente, se sugiere incorporar la determinación del peso seco de las plantas, lo que permitiría cuantificar de manera más precisa la acumulación real de biomasa y diferenciar el

crecimiento asociado a la elongación inicial del tejido vegetal de aquel resultante de una efectiva síntesis de materia orgánica a partir de la disponibilidad de nutrientes del suelo.

Finalmente, se sugiere aumentar el tamaño de muestra y evaluar distintos grados de intervención antrópica del suelo, lo que permitiría fortalecer la robustez estadística de los resultados y ampliar la comprensión del efecto del paso digestivo de *Ateles chamek* sobre la germinación de semillas bajo diferentes condiciones edáficas

Bibliografía:

Arévalo-Gardini, E., Canto, M., Alegre, J., Loli, O., Julca, A., & Baligar, V. (2015). Changes in soil physical and chemical properties in long-term improved natural and traditional agroforestry management systems of cacao genotypes in the Peruvian Amazon. *PloS one*, *10*(7), e0132147. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132147>

Atkinson, B. S., Sparkes, D. L., & Mooney, S. J. (2009). *Effect of seedbed cultivation and soil macrostructure on the establishment of winter wheat (Triticum aestivum)*. *Soil & Tillage Research*, *103*(2), 291–301. <https://doi.org/10.1016/j.still.2008.10.027>

Azevedo-da-Silva, D. A., Alves-de-Oliveira, D. F., Bezerra-de-Oliveira, H. C., Martins-Feitosa, T., Bezerra-da-Silva, I., Brandt Giordani, R., & Voigt, E. L. (2023). *Reserve mobilization and secondary metabolites during seed germination and seedling establishment of the tree Erythrina velutina (Fabaceae)*. *Revista de Biología Tropical*, *71*(1), Article e49004. <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop..v71i1.49004>

Bai, S., Lyu, Y., & Shi, X. (2024). *Effects of different habitats and substrates on seed germination and seedling growth of Malus sieversii after passing through the digestive tract of cattle*. *Arid Zone Research*, *41*(5), 821–829. <https://doi.org/10.13866/j.azr.2024.05.10>

Bogunovic, I., Pereira, P., Kisic, I., Sajko, K., & Sraka, M. (2019). Soil compaction, erosion, and degradation caused by agricultural machinery traffic: A review. *Soil and Tillage Research*, *195*, 104392. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104392>

Buol, S. W., Southard, R. J., Graham, R. C., & McDaniel, P. A. (2016). *Soil genesis and classification* (6th ed.). Wiley-Blackwell. <https://www.scopus.com/pages/publications/85103361490?origin=scopusAI>

Campbell, J. L. (2017). Soil degradation and its implications for ecosystem services. *Environmental Sustainability*, *6*, 25–33. <https://www.scopus.com/pages/publications/85051753393?origin=scopusAI>

Ferreira, C. S. S., Walsh, R. P. D., Steenhuis, T. S., Shakesby, R. A., & Nunes, J. P. C. (2020). Soil erosion in the humid tropics: A review. *Earth-Science Reviews*, 206, 103199. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103199>

Geobosques. (2022). Monitoreo de la pérdida de bosques en el Perú 2000–2020. Ministerio del Ambiente del Perú. <https://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/view/index.php>

Hamza, A., Karčauskienė, D., Mockevičienė, I., Repšienė, R., Tahir, M. A., Manzoor, M. Z., Kousar, S., Lodhi, S. S., Rasool, N., & Ullah, I. (2025). *Soil aggregate dynamics and stability: Natural and anthropogenic drivers. Agriculture*, 15(23), 2500. <https://doi.org/10.3390/agriculture15232500>

Hakeem, K. R., Akhtar, M. S., & Abdullah, S. N. A. (2016). *Soil science: Agricultural and environmental prospectives*. Springer. <https://www.scopus.com/pages/publications/85006507502?origin=scopusAI>

Steinbrecher, T., & Leubner-Metzger, G. (2017). The biomechanics of seed germination. *Journal of Experimental Botany*, 68(4), erw428. <https://doi.org/10.1093/jxb/erw428>

Domínguez-Domínguez, L., Morales-Málvil, J., & Alba-Landa, J. (2014). Germinación de semillas de *Ficus insipida* (Moraceae) defecadas por tucanes (*Ramphastos sulfuratus*) y monos araña (*Ateles geoffroyi*). *Revista de Biología Tropical*, 54(2), 387. <https://doi.org/10.15517/rbt.v54i2.13880>

Fergnani, D. M., Kowalewski, M. M., & Fernández, V. A. (2020). Germination of native and exotic seeds dispersed by wild black-and-gold howler monkeys (*Alouatta caraya*): Assessing deinhibition and scarification effects. *Primates*, 61(3), 519–527. <https://doi.org/10.1007/s10329-020-00791-9>

Ferrando Jorge, N., Clark, J., Cárdenas, M. L., Geoghegan, H., & Shannon, V. (2021). *Measuring soil colour to estimate soil organic carbon using a large-scale citizen science-based approach. Sustainability*, 13(19), 11029. <https://doi.org/10.3390/su131911029>

Marengo, J. A., Torres, R. R., & Alves, L. M. (2018). Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. *Theoretical and Applied Climatology*, 129(3–4), 1189–1200. <https://www.scopus.com/pages/publications/85067389776?origin=scopusAI>

Mutaviri, L. (2025). *Soil types and their effect on germination and emergence of plant seeds. SAARC Journal of Agriculture*, 23(1), 184–195. <https://doi.org/10.3329/sja.v23i1.80070>

Polo, A., Ramírez, E., & Vásquez, L. (2021). Caracterización del empleo agrícola en la Amazonía peruana. *Revista Peruana de Economía Agraria*, 5(2), 45–58. <https://www.redalyc.org/journal/280/28068276026/html/>

Plants of the World Online. (2026). *Inga cordatoalata*. Royal Botanic Gardens, Kew. <https://powo.science.kew.org>

Valdés-Rodríguez, O. A., Sánchez-Sánchez, O., & Pérez-Vázquez, A. (2013). *Effects of soil texture on germination and survival of non-toxic Jatropha curcas seeds*. *Biomass and Bioenergy*, 48, 43–49. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.10.025>

Vale, J. C., Pacheco, P., Cronkleton, P., & Larson, A. M. (2023). Forest governance, institutional weakness and deforestation dynamics in the Peruvian Amazon. *World Development*, 165, 106200. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2023.106200>

Wantzen, K. M., Couto, E. G., Mund, E. E., Amorim, R. S. S., Siqueira, A., Tielbörger, K., & Seifan, M. (2013). Soil erosion in the tropics: The role of vegetation and land use. *Catena*, 107, 85–98. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.03.007>

Xolmurotov, J., Karimov, B., & Abdullaeva, D. (2024). Agriculture as a driver of economic growth and employment generation. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 13(1), 1–10.

FAO. (s.f.). *Propiedades Físicas del Suelo*. <https://www.fao.org/soils-portal/soilsurvey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>