



Artículo original / Original article

Índice de valor de importancia arbórea en la concesión minera EDMILOT I ubicado en la cuenca del Río Inambari, Madre de Dios

Tree importance value index in the EDMILOT I mining concession located in the Inambari River basin, Madre de Dios

Rosario M. Bernaola-Paucar ^{1*}; Percy Taco-Palma ¹; Britney Portal-Paredes ¹; Luis Nieto-Ramos ²; Carlos Nieto-Ramos ¹

¹Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Puerto Maldonado, Perú

²Universidad Andina del Cusco - Filial Puerto Maldonado, Madre de Dios, Perú

Recibido: 18/04/2024

Aceptado: 23/06/2024

Publicado: 25/07/2024

*Autor de correspondencia: rbernaola@unamad.edu.pe

Resumen: En la cuenca del río Inambari, Madre de Dios, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de la concesión minera EDMILOT I, con el objetivo de determinar el valor tanto ecológico como económico de las diversas especies arbóreas presentes en la zona. En la introducción, se destacó la rica biodiversidad de la Amazonía peruana y los impactos de la minería de oro. Su propósito fue analizar el índice de valor de importancia (IVI) de las especies forestales inventariadas para orientar la gestión forestal. La metodología empleada consistió en el muestreo de especies en parcelas de 100 m², registrándose la abundancia, dominancia y frecuencia de cada una. Los resultados indicaron que *Iriartea deltoidea* y *Otoba parviflora* fueron las especies de mayor relevancia, con un IVI conjunto de 103.20%. En la discusión, se señaló que, a pesar de la alta diversidad, pocas especies predominaban en la estructura del bosque. La investigación concluyó que es indispensable combinar la protección del medio ambiente con la explotación minera para asegurar un futuro sostenible. Los datos obtenidos son fundamentales para la planificación y manejo de los bosques en áreas mineras.

Palabras clave: abundancia absoluta; concesiones; especies forestales; minería; regeneraciones

Abstract: In the Inambari River basin in Madre de Dios, a comprehensive analysis of the EDMILOT I mining concession was conducted to determine the ecological and economic value of the various tree species present in the area. The introduction highlighted the rich biodiversity of the Peruvian Amazon and the impacts of gold mining. The study aimed to analyze the Importance Value Index (IVI) of the inventoried forest species to guide forest management. The methodology involved sampling species in 100 m² plots, recording the abundance, dominance, and frequency of each. The results indicated that *Iriartea deltoidea* and *Otoba parviflora* were the most significant species, with a combined IVI of 103.20%. The discussion pointed out that, despite high diversity, only a few species dominated the forest structure. The research concluded that combining environmental protection with mining activities is essential for ensuring a sustainable future. The data obtained is crucial for planning and managing forests in mining areas.

Keywords: absolute abundance; concessions; forest species; mining; regenerations

1. Introducción

Según estudios taxonómicos y ecológicos recientes, la Amazonía peruana representa uno de los hábitats de plantas más diversos a nivel global, con un 30% de especies endémicas. Sin embargo, este ecosistema ha sido vulnerado durante décadas por actividades destructivas, como la minería y la expansión de fronteras agrícolas y ganaderas. La región de Madre de Dios, que destaca por su alta biodiversidad en Perú, enfrenta una presión creciente debido a la minería aurífera. En este contexto, el índice de valor de importancia (IVI) se ha posicionado como un indicador clave para medir los efectos de estas actividades sobre la organización y composición de los bosques (Jove Fernandez & Sullca Perdiz, 2023). La configuración y variedad de especies en un bosque, ya sea natural o cultivado, se encuentran estrechamente ligadas a indicadores ecológicos como el IVI y la posición social de los árboles (Valencia et al., 2022).

El IVI es un indicador fundamental para determinar la estructura y diversidad de las comunidades forestales. Este índice, ampliamente utilizado en investigaciones de gestión forestal, permite evaluar la sostenibilidad de su manejo. Para calcular el IVI, se integran tres factores clave: abundancia, dominancia y frecuencia de las especies en las áreas de muestreo. Su importancia radica en su capacidad para sintetizar información ecológica relevante sobre las especies en una zona específica. Un valor alto de IVI sugiere que una especie tiene una influencia significativa en la estructura y funcionamiento del ecosistema (Silva, 2023; Silva-González et al., 2023). Para comprender la organización de un ecosistema, es necesario determinar el IVI, el cual se obtiene a partir de la abundancia, frecuencia y cobertura de las especies. Este índice ofrece una evaluación numérica del papel que desempeña cada especie en la comunidad vegetal, siendo esta información esencial para la gestión y conservación de los bosques (Silva, 2023; García et al., 2023).

En Madre de Dios, la minería de oro ha generado deforestación, impulsada por factores como el aumento del precio global del oro, la dependencia económica de la minería, la accesibilidad a nuevas áreas facilitada por la construcción de la carretera interoceánica y la migración de personas desde las regiones altoandinas de Perú en busca de sustento. Pese a las altas tasas de deforestación y los graves niveles de degradación de los ecosistemas debido a esta actividad, los esfuerzos para restaurar la productividad de estas zonas son limitados (Caballero et al., 2018; Lefebvre et al., 2019; Garate-Quispe et al., 2021; Monteagudo et al., 2023).

La escasez de datos sobre la flora, la estructura de los bosques y el valor económico de las actividades mineras en Madre de Dios limita la planificación a largo plazo de la conservación forestal. Este estudio evalúa la relevancia ecológica y económica de las especies arbóreas en la concesión EDMILOT I, utilizando el índice de valor de importancia, con el objetivo de aportar información para una gestión sostenible de los recursos forestales en la zona.

2. Materiales y métodos

2.1. Descripción del lugar donde se realizó el estudio

La investigación se realizó en las concesiones mineras ubicadas en las inmediaciones de la Comunidad Boca Inambari, encontrándose cercano a ella las comunidades de Huacamayo Chico e Inambarillo. La topografía de la zona permite apreciar que hacia el norte del río Madre de Dios, el relieve presenta terrazas onduladas a planas. El clima es característico de la selva baja, con una temperatura media anual de 25,6 grados centígrados y precipitaciones anuales que pueden alcanzar los 3.000 mm. El suelo tiene una textura media a pesada, con poca permeabilidad, mala aireación y baja fertilidad; su pH es ácido y varía entre 3 y 5.

2.2. Materiales

La región posee una destacada cubierta forestal. Se eligieron las áreas más adecuadas con la cobertura arbórea más representativa del sector de Boca Inambari, en el distrito de Inambari, empleando herramientas como la Carta Nacional 23-Y, una libreta, una wincha, un GPS de marca Garmin Etrex30, un equipo para tomar fotografías, un flexómetro de una extensión de cincuenta metros, una cinta métrica, una brújula de marca Suunto, un equipo de cómputo, una calculadora, información cartográfica, viajes de campo y entrevistas con los residentes locales.

2.3. Atributos y variables evaluados

Las especies fueron identificadas tanto por su nombre científico como común, con la asistencia de un técnico forestal del Herbario Alwyn Gentry en el sitio.

La población incluyó todas las especies arbóreas comerciales con diámetros superiores al diámetro mínimo de corta ($DAP \geq DMC$) en la concesión minera evaluadas. En una parcela de 100 m x 10 m, se censaron todos los árboles con un diámetro a la altura del pecho superior a 10 centímetros. Para cada individuo, se registraron datos como especie, nombre común, diámetro y altura total.

La información se recopiló en hojas de campo y posteriormente se ingresó en una base de datos en Excel. En cada especie, se determinó la abundancia, identidad y dimensiones (altura y diámetro) de los individuos.

2.4. Análisis de la composición arbórea

Para determinar el índice de valor de importancia (IVI) en los distintos tipos de bosque del área de estudio, se empleó la fórmula sugerida por Lamprecht en 1990, según lo citado por Cueva en 2015.

$$IVI = Fr + Dr + Ar$$

Donde:

IVI: Índice de Valor de Importancia

Fr: Frecuencia relativa

Dr: Dominancia relativa

Ar: Abundancia relativa

2.5. Procesamiento de datos y análisis estadístico

Los datos colectados en campo fueron digitalizados y organizados en una hoja de cálculo de Excel 2016. Con el objetivo de conocer la abundancia de cada uno de las especies, se calculó aplicando las fórmulas correspondientes:

$$\text{Abundancia absoluta} = \frac{\text{N}^\circ \text{ individuos de la especie } i}{\text{Unidad de area}}$$

$$\text{Abundancia relativa (\%)} = \frac{\text{Abundancia absoluta de la especie } i}{\Sigma \text{ Abundancia absoluta}} \times 100$$

La dominancia se refiere a la cobertura del área basal de cada especie (Lamprecht, 1990; citado por Cueva, 2015). Se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\text{Dominancia absoluta} = \Sigma \text{ Áreas basales de individuos de la especie } i$$

$$\text{Dominancia relativa (\%)} = \frac{\text{Dominancia absoluta de la especie } i}{\text{Área basal total}} \times 100$$

La frecuencia determina si las especies están presentes o ausentes en las parcelas de muestreo (Lamprecht, 1990; citado por Cueva, 2015). Se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\text{Frecuencia absoluta} = \frac{\text{N}^\circ \text{ parcelas en las que aparece la especie } i}{\text{Total de parcelas}}$$

$$\text{Frecuencia relativa (\%)} = \frac{\text{Frecuencia absoluta de la especie } i}{\Sigma \text{ Frecuencias absolutas}} \times 100$$

3. Resultados y discusiones

En la concesión minera EDMILOT I se evaluaron un total de 553 especies forestales, donde se determinó que las especies más importantes considerando el análisis estructural del bosque en estudio representan un IVI de 103.20% y las especies más representativas son: *Iriartea deltoidea*, *Otoba parviflora*, *Hevea guianensis*, *Socratea ixorrhiza*, *Oenocarpus bataua*, *Pseudolmedia laevis*, *Ficus gomelleira*, *Attalea butyracea*, *Pterocarpus rohrii* y *Euterpe precatória*.

Tabla 1. Determinación de la importancia forestal en el área de influencia de la mina EDMILOT I

Especies	Abundancia relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
<i>Iriartea deltoidea</i>	11.57	1.61	8.58	21.76
<i>Otoba parviflora</i>	7.96	1.61	5.79	15.35
<i>Hevea guianensis</i>	3.98	1.93	3.98	9.89
<i>Socratea exorrhiza</i>	6.15	2.25	1.34	9.74
<i>Oenocarpus bataua</i>	4.34	2.25	3.02	9.61
<i>Pseudolmedia laevis</i>	3.62	2.89	2.83	9.34
<i>Ficus gomelleira</i>	0.36	0.64	6.63	7.63
<i>Attalea butyracea</i>	2.17	1.61	3.08	6.86
<i>Pterocarpus rohrii</i>	0.90	0.96	4.82	6.68

En la concesión minera EDMILOT I, existe una gran variabilidad de especies forestales, por ello se tiene una gran presencia de especies forestales, pero en poca abundancia (figura 1).

se evaluaron un total de 553 especies forestales comerciales, destacando la presencia de la *Iriartea deltoidea* y *Otoba parviflora* como las especies más abundantes (figura 1).

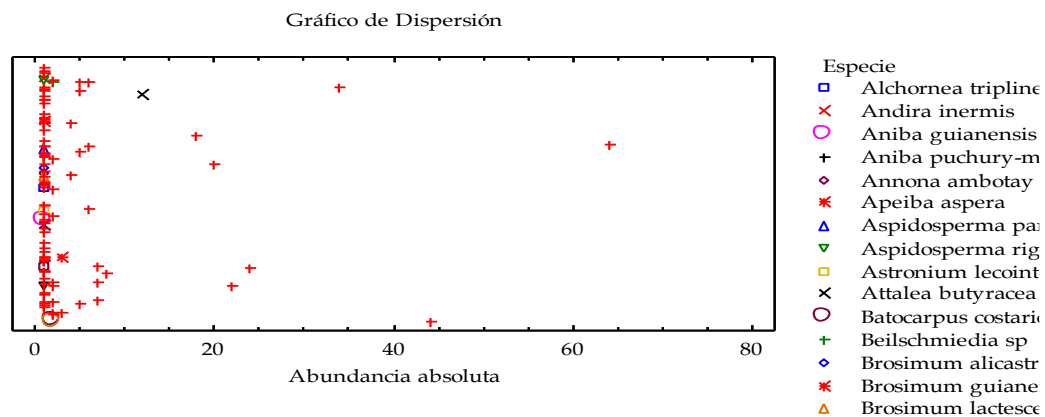


Figura 1. Evaluación de especies forestales en la concesión minera EDMILOT I

En la figura 2, concesión minera EDMILOT I presenta un bosque con el 4% de especies consideradas en la categoría de alto valor comercial, el 14% están consideradas en la categoría de mediamente de valor comercial, el 4% son especies de un valor potencialmente comercial y el 78% de las especies inventariadas son de bajo valor comercial (El Peruano, 2016). La mayor parte de las especies que crecen en dicho lugar carecen de valor comercial.

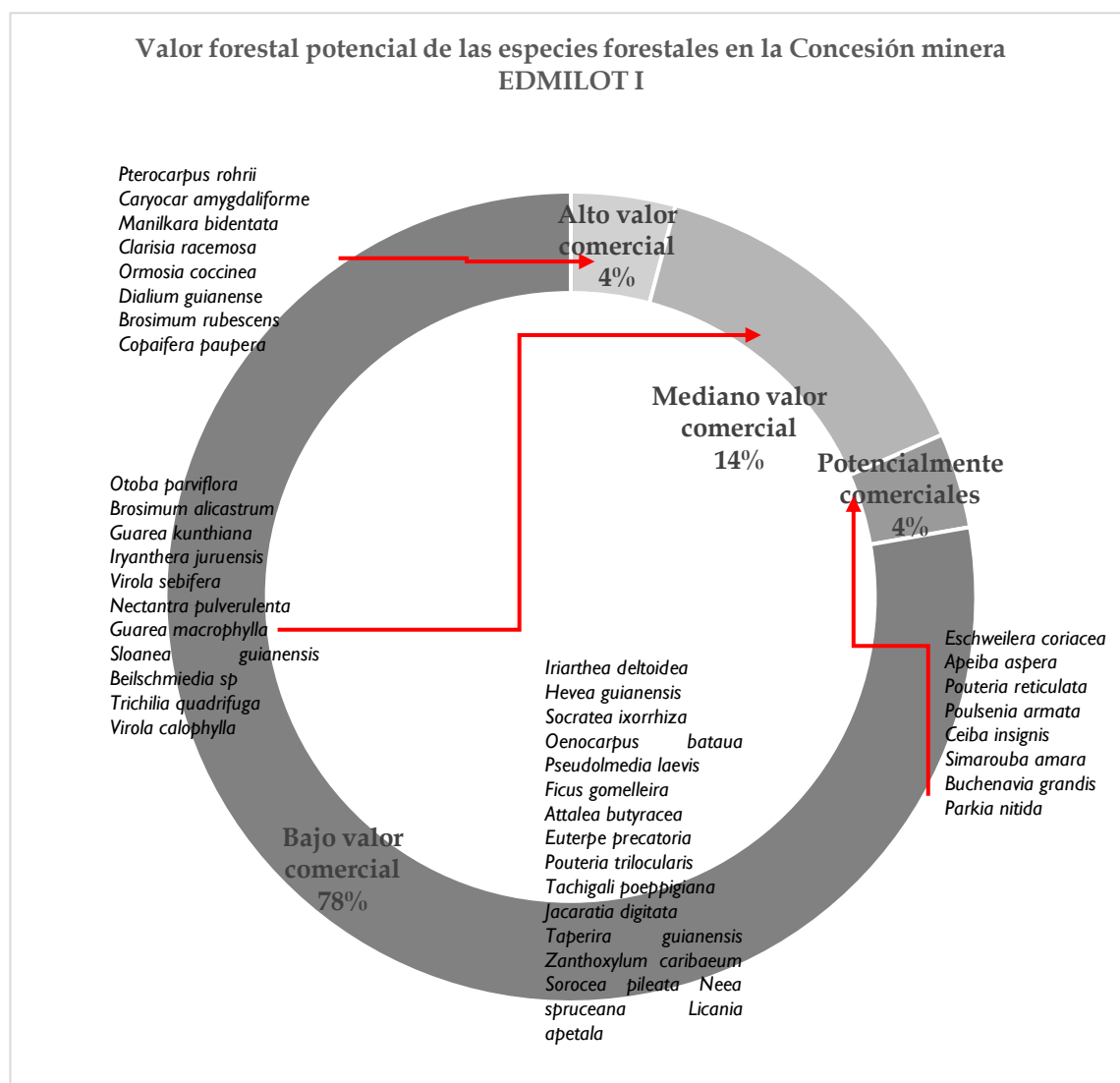


Figura 2. Análisis comercial de las especies forestales en la concesión minera EDMILOT I

3.1. Discusión

El índice de valor de importancia (IVI) es un indicador ecológico fundamental que permite evaluar la relevancia de cada especie dentro de un ecosistema forestal, considerando su abundancia, dominancia y frecuencia. Esta herramienta es esencial para comprender la estructura y dinámica de los bosques. (Silva-González et al., 2022, Valencia et al, 2022, Rosales-Solórzano, 2008). En la concesión minera EDMILOT I, a pesar de una notable diversidad de 553 especies, el análisis del IVI revela que un reducido grupo de ellas domina la estructura del bosque. Este patrón, común en ecosistemas tropicales, indica que la mayor parte de la biomasa y la cobertura vegetal está concentrada en unas pocas especies altamente adaptadas a las condiciones locales (Rosales-Solórzano, 2008, Ramírez & Lozano, 2024).

Aunque algunas especies sobresalen en términos de abundancia y distribución dentro del bosque, es esencial reconocer el valor intrínseco de todas las especies presentes. La diversidad biológica

en su conjunto, incluyendo aquellas menos comunes, es fundamental para mantener la salud y la capacidad de adaptación del ecosistema ante cambios ambientales (Corral-Rivas et al. 2005, Silva-González et al. 2022, Galván-Moreno et al., 2024). Los datos obtenidos del IVI en EDMILOT I son fundamentales para orientar las acciones de manejo forestal. Este índice nos permite determinar qué especies requieren medidas de conservación prioritarias y cuáles presentan un potencial de aprovechamiento sostenible. Si bien el IVI es una herramienta fundamental en la evaluación forestal, es importante reconocer que existen otras métricas y análisis que complementan esta información, proporcionando una visión más holística de la importancia ecológica y económica de las especies (Nieto et al., 2020, Galván-Moreno et al., 2024, Valencia et al, 2022). La toma de decisiones en el manejo forestal requiere una evaluación integral que considere no solo el valor ecológico de las especies, sino también su importancia económica y su papel en la provisión de servicios ecosistémicos. Factores como el estado de conservación y el valor comercial de la madera deben ser incluidos en este análisis. (Nieto et al., 2020, Valencia et al, 2022).

El análisis de la concesión minera EDMILOT I (Figura 2) revela una clara predominancia de especies forestales con bajo valor comercial, representando el 78% del total. Por el contrario, las especies consideradas de alto valor comercial constituyen apenas un 4% del inventario forestal. El hecho de que solo el 4% de las especies forestales en la concesión minera EDMILOT I sean consideradas de alto valor comercial, mientras que el 78% son de bajo valor comercial plantea interrogantes sobre el potencial económico directo del aprovechamiento maderero en la zona. Esta situación puede ser indicativa de la composición florística del bosque, donde predominan especies con menor demanda en el mercado maderero. Es posible que la zona presente una mayor diversidad de las especies forestales, pero que la mayoría de ellas no sean atractivas para la explotación comercial. Sin embargo, es crucial recordar que el valor comercial de la madera no es el único factor a considerar en la gestión forestal. Las especies catalogadas como de bajo valor económico desempeñan funciones ecológicas esenciales. Contribuyen a la riqueza biológica, protegen la capa superficial del suelo y regulan el ciclo del agua, siendo elementos clave para el equilibrio de los ecosistemas. Aunque muchas especies en EDMILOT I no poseen un valor comercial significativo en el presente, es crucial considerar que sus roles ecológicos y su potencial económico podrían cambiar en el futuro. La demanda del mercado puede cambiar, y nuevas tecnologías podrían permitir el aprovechamiento de especies que actualmente se consideran no comerciales (El Peruano, 2016, Nieto et al., 2020). La información sobre el valor económico de las especies forestales en EDMILOT I es esencial para tomar decisiones con base al conocimiento que se viene generando en las investigaciones sobre el manejo del recurso forestal. La evaluación de la rentabilidad económica y del valor ecológico de los bosques permite tomar decisiones informadas sobre la intensidad y el tipo de aprovechamiento forestal. La gestión de la concesión minera debe trascender la mera explotación de recursos minerales y considerar también la protección del ecosistema forestal. La conservación del bosque y su rica biodiversidad es esencial para garantizar un desarrollo sostenible a largo plazo y maximizar el bienestar de las futuras generaciones.

4. Conclusiones

Se determinó que, a pesar de la alta diversidad de especies, pocas dominan la estructura del bosque, lo que es común en ecosistemas tropicales. Un alto índice de valor de importancia indica que una especie está excepcionalmente bien adaptada a su hábitat. Esta adaptación se manifiesta en su capacidad para superar a otras especies en la obtención de recursos y en su habilidad para recuperarse después de perturbaciones. La información obtenida es valiosa para la planificación del manejo forestal, permitiendo identificar especies prioritarias para la conservación y aquellas que pueden ser objeto de aprovechamiento sostenible. Se destaca la necesidad de integrar la conservación del ecosistema con la actividad minera para asegurar la sostenibilidad a largo plazo. Esta investigación ofrece una base robusta para futuras indagaciones y decisiones relacionadas con la gestión de recursos forestales en zonas mineras.

Agradecimiento

Al personal técnico forestal del Herbario Alwyn Gentry.

Financiamiento

Ninguno.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Contribución de autoría

B-P, R. M.; T-P, P.; P-P, B.; N-R, L.; N-R, C.: Conceptualización, análisis formal, investigación, escritura (preparación del borrador final) y supervisión.

B-P, R. M.; T-P, P.; P-P, B.: Investigación, metodología y curación de datos.

B-P, R. M.; N-R, L.; N-R, C.: Tratamiento de datos.

N-R, C.; T-P, P.; P-P, B.: Investigación y recopilación de datos.

Referencias bibliográficas

- Caballero Espejo, J., Messinger, M., Román-Dañobeytia, F., Ascorra, C., Fernandez, L., Silman, M. (2018). Deforestation and Forest Degradation Due to Gold Mining in the Peruvian Amazon: A 34-Year Perspective. *Remote Sens*, 10, 1903. <https://doi.org/10.3390/rs10121903>
- Cueva, K. (2015). Metodología para el procesamiento y análisis de datos del inventario forestal nacional (IFN). Autor. Recuperado de http://www.infona.gov.py/application/files/3814/7405/3893/Metodologia_procesamiento_datos_IFN_PY_25_10_2015.pdf
- El Peruano. (2016). Metodología para la determinación del valor al estado natural de la madera para el pago de derecho del aprovechamiento y los Valores al estado natural de la madera. Resolución De Dirección Ejecutiva N° 241-2016-SERFOR-DE. Disponible en: https://busquedas.elperuano.pe/api/media/http://172.20.0.101/file/FocpQBHfq2D8frgJgWt7GP*/1447339-1.pdf/PDF
- García Huamán, N. (2023). *Diversidad, composición arbórea y valoración económica de un bosque intervenido por la actividad minera metálica en el Sector Boca Inambari, Tambopata – Madre de Dios*. [Universidad Nacional Amazónica de Madre De Dios]. <https://repositorio.unamad.edu.pe/handle/20.500.14070/958>
- Garate-Quispe, J., Canahuire-Robles, R., Surco-Huacachi, O., Alarcón-Aguirre, G. (2021). Desarrollo estructural y composición florística arbórea en áreas afectadas por minería aurífera en la Amazonía peruana: a 20 años de su reforestación. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 92 (2021): e9234373, <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2021.92.3437>
- Galván-Moreno, V., Aguirre-Calderón, O., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Treviño-Garza, E., Olivas-García, J., Cuéllar-Rodríguez, L. (2024). Efecto del manejo forestal en los ecosistemas forestales. *E-CUCBA*, (22), 27–33. <https://doi.org/10.32870/e-cucba.vi22.345>
- Jove Fernandez, F. y Sullca Perdiz, T. (2021). *Estructura y composición arborea en un bosque intervenido por la actividad minera aurífera aluvial, distrito Inambari, Tambopata - Madre de Dios, 2019*. [Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios].

<https://repositorio.unamad.edu.pe/handle/20.500.14070/925>

- Monteagudo, A. Villalba, M., Pallqui, N., Phillips, O., Baker, T., Lopez-Gonzalez, G., Pickavance, G., Chávez, W., Vásquez, R., Rojas, R., Valenzuela, L., Chama, V., Catchpole, D., Huamantupa, I., Soto, Y., Ramos, A., Ramírez, C., Pedraza, M., Huari, G., Banda, K., Honorio, E., Farfán-Rios, W., Dueñas, H., Monteagudo, R., Calatayud, G., Garate, J., Marca-Zevallos, M. (2023). La impresionante diversidad y estructura del bosque tropical a través de una gradiente altitudinal en la selva central del Perú. *Revista Q'EUÑA*, 14(1): 07-27. <https://doi.org/10.51343/rq.v14i1.1150>.
- Nieto, C., Gárate Quispe, J., Tambet Moque, R. (2020). *Valoración económica del potencial forestal en concesiones mineras de la Cuenca del Rio Madre de Dios*. [Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios]. <https://repositorio.unamad.edu.pe/handle/20.500.14070/437>
- Lamprecht H. (1990). Silvicultura en los trópicos. Ecosistemas en los bosques tropicales y sus especies de árboles: posibilidades y métodos para un uso sostenido. DE.GTZ. 335p.
- Lefebvre, D., Román-Dañobeytia, F., Soete, J., Cabanillas, F., Corvera, R., Ascorra, C., Fernandez, L., Silman, M. (2019). Biochar Effects on Two Tropical Tree Species and Its Potential as a Tool for Reforestation. *Forests*, 10 (8): 678. <https://doi.org/10.3390/f10080678>
- Ramírez, T. y Lozano, D. (2024). Diversidad florística y estructura de la regeneración natural del bosque piemontano con intervención de manejo forestal en el sur de Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 14(1),105 -122. <https://doi.org/10.54753/blc.v14i1.2034>
- Rosales-Solórzano, R. (2008). *Potencial forestal y deforestación en márgenes de la carretera El Castañal Santa Rosa de Tambopata*. [Universidad de Piura]. <https://hdl.handle.net/11042/1850>
- Silva González, E. (2023). *Caracterización de la estructura diversidad arbórea de bosques templados bajo manejo forestal en el Estado de Durango, México*. [Universidad Autónoma de Nuevo León]. <http://eprints.uanl.mx/26450/1/1080312740.pdf>
- Silva-González, E., Aguirre-Calderón, O., Alanís-Rodríguez, E., González-Tagle, M., Treviño-Garza E., Corral-Rivas, J. (2022). Evaluación del aprovechamiento forestal en la diversidad y estructura de un bosque templado en Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13 (71): 103-132. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i71.1017>
- Valencia Valenzuela , M. X. G., Congo Espinosa , M. G. W., Jaramillo Vallejos , M. J. R., Ipiales Acosta , I. F. F. J., & Jaramillo Paredes , I. F. J. A. (2022). Estructura y diversidad arbórea del área de intervención de la concesión minera en la provincia Imbabura. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(5), 2536-2554. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3262