Q'EUÑA Vol. 16, Num. 1, 1-12 (2025) eISSN: 2708-2660 Articulo Original

Bioindicadores de Flora y Fauna Silvestre como Servicios Ecosistémicos en Concesión Forestal, Madre de Dios

Bioindicators of Wild Flora and Fauna as Ecosystem Services in a Forest Concession, Madre de Dios

Julio Enrique Magán Roeder[1], Benedicto Baca Rosado[1], Yohamir Casanca León[2], José Manuel Huinga Escalante[2], Anatoly Cárdenas Medina[2], Yuri Cáceres Tello[3]

[1]Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Puerto Maldonado, Perú.
[2]Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Puerto Maldonado, Perú.
[3]Asociación Junglekeepers Perú, Puerto Maldonado, Perú.

Citación: Magán Roeder, J. E., Baca Rosado, B., Casanca León, Y., Huinga Escalante, J. M., Cárdenas Medina, A., & Cáceres Tello, Y. (2025). Bioindicadores de Flora y Fauna Silvestre como Servicios Ecosistémicos en Concesión Forestal, Madre de Dios. Q'EUÑA, 16(1), 1-12.

https://doi.org/10.51343/rq.v16i1.1788

Recibido: 04-04-2025
Aceptado: 26-05-2025
Publicado: 27-26-2025

Copyright: © 2025. Este es un artículo de acceso abierto revisado por pares y publicado por la Revista Q'EUÑA de la Sociedad Botánica del Cusco y la UNSAAC (http://revistas.unsaac.edu.pe/index.php/RQ) y distribuido bajo los términos de la licencia de atribución Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0. , que permite el uso, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se acredite el autor y la fuente originales.

Declaración de disponibilidad de datos: Todos los datos relevantes están dentro del documento y sus archivos de información de respaldo.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Autor Corresponsal:
Julio Enrique Magán Roeder
jumaroe@gmail.com.

Resumen

El presente estudio se llevó a cabo en la concesión forestal Loretillo (Nº17-TAM/C-OPB-A-026-07), ubicada en el corredor de conservación del río Las Piedras, en Tambopata, Madre de Dios. El objetivo principal fue realizar un inventario de especies de flora y fauna silvestre, enfocándose en su uso como bioindicadores de los ecosistemas presentes en la concesión. El estudio consideró variables como la composición de especies de flora, aves y mamíferos, así como los servicios ecosistémicos (SSEE) que estos proveen. Para ello, se establecieron ocho Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM) y transectos lineales distribuidos en dos tipos de ecosistemas predominantes: Bosque aluvial inundable (B-ai) y Bosque de colina baja (B-cb). Los análisis realizados incluyeron índices de diversidad alfa y beta, valores de importancia ecológica (IVI) y parámetros relacionados con especies amenazadas. Se encontró que el ecosistema B-ai presenta una mayor riqueza y diversidad biológica. La evaluación se basó en criterios como riqueza de especies (S), dominancia (D), IVI, amplitud de distribución, objetivos de conservación y categorías de amenaza. Se identificaron 48 especies bioindicadoras: 20 especies de plantas, 17 de aves y 11 de mamíferos, para ambos tipos de ecosistemas. A partir de estas especies, se determinaron los principales servicios ecosistémicos que ofrecen, destacando el servicio de regulación (incluyendo regulación del clima, polinización, dispersión de semillas y control biológico). Asimismo, se caracterizó la funcionalidad ecológica de los bioindicadores en relación con su rol dentro de la estructura trófica. La identificación de estos bioindicadores y sus servicios ecosistémicos proporciona una base fundamental para establecer estrategias de conservación, monitoreo y gestión sostenible del bosque. Además, promueve alternativas como los mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos, contribuyendo al mantenimiento de la biodiversidad en la región.

Palabras clave: Bioindicadores, Servicios Ecosistémicos, Servicio de Regulación, Nivel Trófico, Concesiones Forestales, Biodiversidad.

Abstract

This study was carried out in the Loretillo forest concession (No. 17-TAM/C-OPB-A-026-07), located in the Las Piedras River conservation corridor in Tambopata, Madre de Dios. The main objective was to conduct an inventory of wildlife species, focusing on their use as bioindicators of the ecosystems within the concession. The study considered variables such as the species composition of flora, birds, and mammals, as well as the ecosystem services they provide (ESS). To this end, eight Permanent Sampling Plots (PSPs) and linear transects were established, distributed across two predominant ecosystem types: alluvial flooded forest (B-ai) and lowland hill forest (B-cb). The analyses included alpha and beta diversity indices, ecological importance values (IVI), and parameters related to threatened species. The B-ai ecosystem was found to have greater biological richness and diversity. The assessment was based on criteria such as species richness (S), dominance (D), IVI, distribution breadth, conservation objectives, and threat categories. 48 bioindicator species were identified: 20 plant species, 17 bird species, and 11 mammal species, for both ecosystem types. From these species, the main ecosystem services they provide were determined, highlighting the regulation service (including climate regulation, pollination, seed dispersal, and biological control). Likewise, the ecological functionality of bioindicators was characterized in relation to their role within the trophic structure. The identification of these bioindicators and their ecosystem services provides a fundamental basis for establishing strategies for conservation, monitoring, and sustainable forest management. Furthermore, it promotes alternatives such as ecosystem service compensation mechanisms, contributing to the maintenance of biodiversity in the region.

Keywords: Bioindicators, Ecosystem Services, Regulation Service, Trophic Level, Forest Concessions, Biodiversity.

Introducción

La cuenca del Amazonas, que abarca ocho países latinoamericanos, es un ecosistema vital que proporciona servicios ecosistémicos esenciales como la regulación climática, polinización y abastecimiento de recursos naturales; los cuales deberían ser monitoreados (Reid, et al., 2005) (MINAM, 2021a). En el caso de Perú, las áreas naturales protegidas (ANP) lideradas por el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado - SERNANP han implementado programas de monitoreo basados en bioindicadores para la gestión efectiva de estos espacios (SERNANP & WCS, 2020). Sin embargo, fuera de las ANP, las acciones de conservación son llevadas a cabo por comunidades nativas, pobladores locales y titulares de concesiones forestales, sin herramientas claras para identificar y monitorear Bioindicadores para la toma de decisiones(IUCN, 2021).

Madre de Dios, como región amazónica peruana, ofrece diversos servicios ecosistémicos y alberga 1,224 concesiones forestales que cubren casi dos millones de hectáreas (OSINFOR, 2018). Estas concesiones incluyen la extracción de productos no maderables como la nuez de castaña (*Bertholletia excelsa* Bonpl), cuya gestión enfrenta desafíos relacionados con la sostenibilidad debido a la tala selectiva y la falta de monitoreo adecuado (OSINFOR, 2018).

El estudio se enfoca en el ámbito de iniciativa "Corredor de conservación" (Epiquién & Espinosa, 2019) (Hilty, et al., 2021) (FCDS & Proyecto Prevenir de USAID, 2023) del río Las Piedras, que incluye la concesión forestal Loretillo; administrada actualmente por la asociación Junglekeepers Perú (JK), estos manejan el aprovechamiento sostenible de castaña (*B. excelsa*). Según la Ley Forestal, se puede aprovechar arboles maderables en este tipo de concesiones; lo que motivó a la gestión anterior a JK (2012-2015), al aprovechamiento maderable sin tomar en cuenta las prácticas sostenibles de extracción forestal, perturbando los ecosistemas. Sobre ello, se realizó la evaluación a través ocho parcelas permanentes de muestreo (MINAM, 2015b) (SERFOR, 2016a) y transectos lineales con cámaras trampa (Chávez, et al., 2013) (Tobler, Hartley, Carrillo-Percastegui, & Powell, 2015), para evaluar la flora (Alvarez-Montaván, et al., 2021)

y fauna silvestre (MINAM, 2015a) (Bowler, Tobler, Endress, Gilmore, & Anderson, 2016) como bioindicadores (Diaz.Martin, Swamy, Terborgh, Alvarez-Loayza, & Cornejo, 2014). Estos bioindicadores permiten determinar el estado ecológico de los bosques y contribuyen al manejo sostenible de los recursos (Gonzáles, Vallarino, Pérez, & Low, 2014) (Abarca-Arenas, Valero-Pacheco, Defín-Alonso, Morteo-Ortiz, & Franco-López, 2022); (Pires, Benchimol, Cruz, & Péres, 2022) (Wang, Li, & Zhou, 2023).

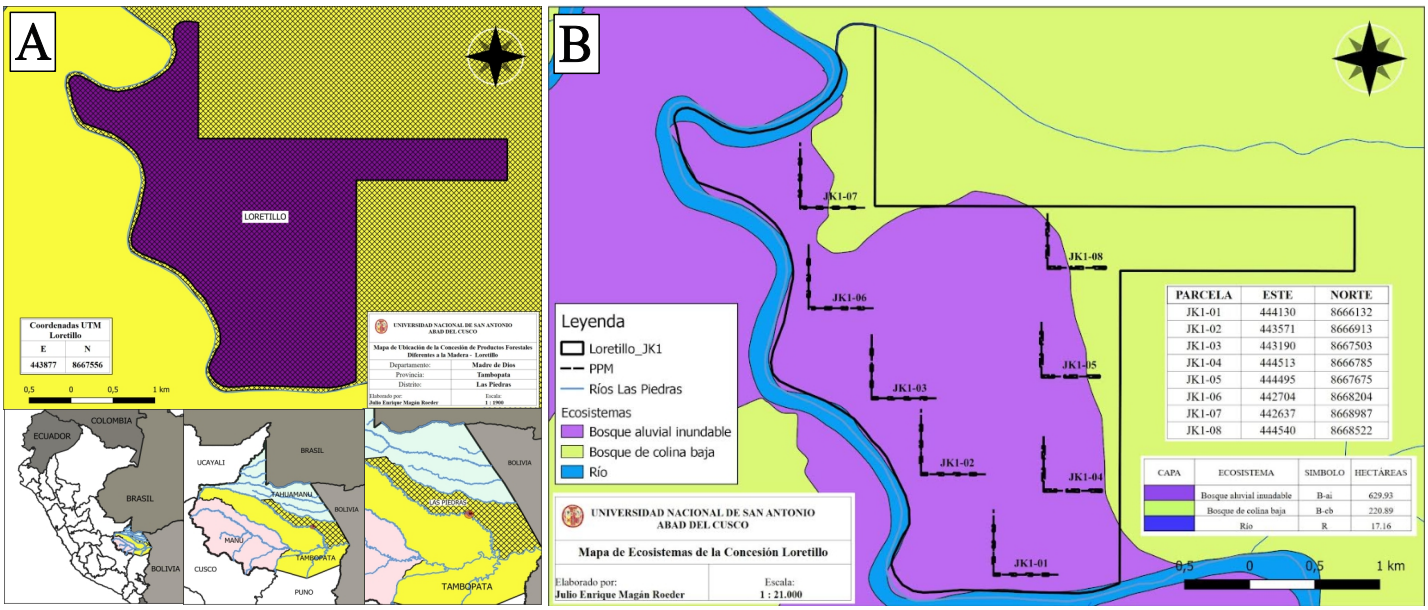
Los resultados del estudio motivan la creación de programas de monitoreo basados en bioindicadores en corredores de conservación y fuera de las ANP (IUCN, 2021) (CDB, 2022), destacando su rol como servicios ecosistémicos amazónicos (Forero-Medina, Valenzuela, & Saavedra-Rodríguez, 2021) y su potencial para generar mecanismos de financiamiento como los créditos de biodiversidad, vinculados a iniciativas de retribución por servicios ecosistémicos (MERESE) (MINAM, 2021a). Este enfoque busca fortalecer la gestión sostenible y la conservación en concesiones forestales no maderables y de su biodiversidad.

Área de Estudio

La concesión forestal no maderable Loretillo (Nº17-TAM/C-OPB-A-026-07) está ubicado en el río Las Piedras - distrito Las Piedras, fuera del ámbito de las áreas naturales protegidas provincia Tambopata – Madre de Dios. Esta concesión es parte de la iniciativa, corredor de conservación río Las Piedras. La principal actividad forestal no maderable es recolección de nuez de castaña (*B. excelsa*). Loretillo tiene una extensión de 860.41 hectáreas y presenta dos tipos de ecosistemas muy marcados: Bosque aluvial inundable (B-ai) y Bosque de colina baja (B-cb) (MINAM, 2019c) (Figura 1).

Figura 1.

Distrito Las Piedras, provincia Tambopata, Madre de Dios – Perú.



Nota: Mapas de la concesión forestal Loretillo. A: Mapa de ubicación. B. Tipos de ecossistemas. DATUM-WGS84 (Zona 19S).

Metodología

Se evaluaron especies de flora y fauna (aves y mamíferos) silvestre como bioindicadores, se consideró servicios ecosistémicos asociados, a la concesión forestal en los dos tipos de ecosistemas presentes: B-ai y B-cb.

La metodología contempla el diseño, instalación y evaluación de ocho parcelas permanentes de muestreo (PPM) en un área representativa de 5.86 hectáreas como muestra; distribuidas según la proporción de ecosistemas en la concesión (Tabla 1). El producto de evaluación es conocer la composición florística, registrada y codificada. Sobre las ocho PPM se instalaron transectos lineales de banda fija para inventario de fauna silvestre (aves y mamíferos), mediante formatos de inventarios directos e indirectos, y el uso de cámaras trampa, considerando la temporada seca y lluviosa de los años 2021 y 2022. Los datos de flora priorizada son individuos con diámetro de altura al pecho - DAP ≥ 10 cm.

El Cálculo de los índices de diversidad, fue por los índices de diversidad alfa (Shannon, Simpson) para riqueza específica del área y el índice de diversidad beta (Jaccard), para determinar similitudes entre los dos ecosistemas presentes. Los datos evaluados y jerarquizados determinaron los bioindicadores.

Tabla 1.

Cantidad de hectáreas evaluadas según tipo de ecosistemas en Loretillo.

Tipo de Ecosistema	Representatividad total del área (%)	Cantidad de Ha con PPM por tipo de ecosistema	Instalación de cada PPM de 0.7Ha en las concesiones
Bosque aluvial inundable (B-ai)	73	4.25	6
Bosque de colina baja (B-cb)	25	1.49	2
Río (R)	2	0.12	0
Total	100	5.86	8

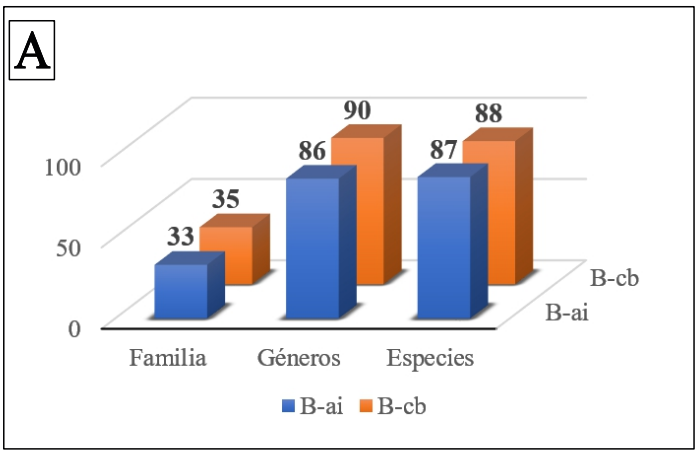
Ha: Hectáreas; PPM: Parcelas Permanentes de Muestreo.

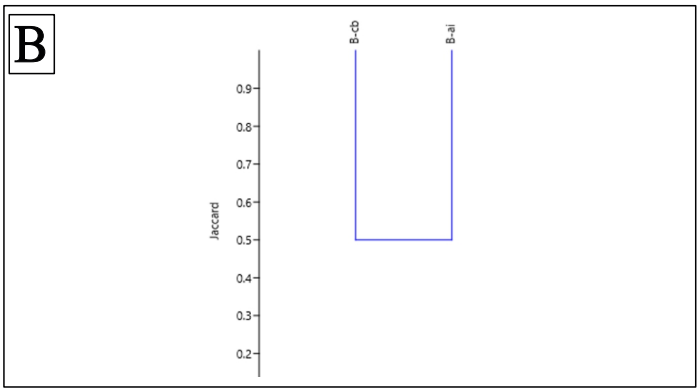
Resultados

Para la composición florística, se registró un total de 1144 individuos, distribuidos en 156 especies, 114 géneros y 40 familias. El tipo de Bosque de colina baja (B-cb) presenta ligeras diferencias comparada con el tipo de Bosque aluvial inundable (B-ai) (Figura 2). La familia con mayor presencia en las PPM es la Fabaceae (con 26 géneros y 32 especies), siendo el género *Inga* spp el más abundante (6 especies), seguida de la familia Moraceae (7 géneros y 13 especies) y Malvaceae, (7 géneros y 12 especies).

Figura 2

Resultados de la evaluación de la flora silvestre





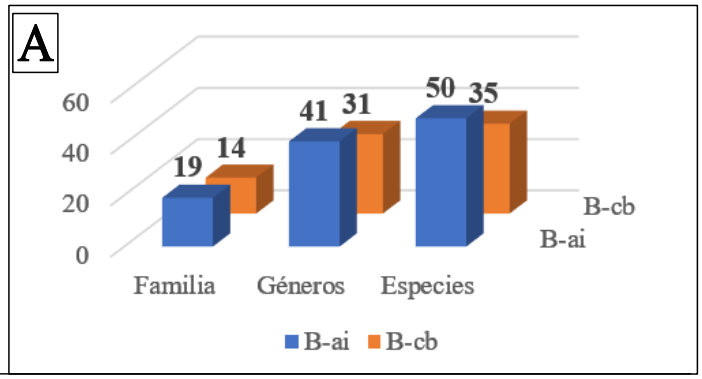
Nota: Riqueza de flora silvestre. A: Por tipo de ecosistema. B: Similitud de los dos tipos de ecosistemas.

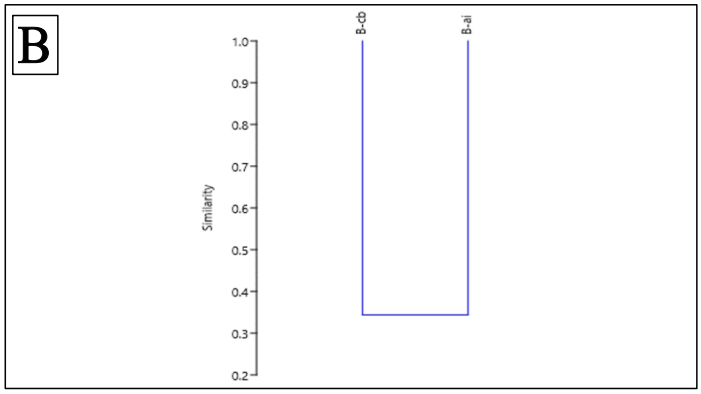
Se considera que es altamente biodiverso, gracias al índice de Shannon, donde se evidencia que tienen una diversidad alta ya que sus valores son ≥ 3 (Tabla 2). Según estos resultados, las 8 PPM concentran un alto nivel de riqueza y diversidad de flora silvestre, pese haber sido deforestada selectivamente. Para la diversidad Beta (similitud de Jaccard) se tiene un valor de 0.5 (50%), mostrando que la comunidad de flora silvestre, son medianamente semejantes en los dos ecosistemas (Figura 2B).

A nivel de la comunidad de aves; se obtuvo 3812 individuos en total, asignados en 64 especies, 52 géneros y 24 familias. Asimismo, se cuenta con la riqueza específica por tipo de ecosistema, donde el tipo ecosistema B-ai presenta mayores números comparado con el tipo de B-cb (Figura 3). Los índices de diversidad Alfa mostraron alta diversidad y según los índices de Simpson y de Shannon, no se demuestra diferencias significativas entre los tipos de ecosistemas (Tabla 2). Para la diversidad Beta, según el análisis de similitud de Jaccard, se tiene un valor bajo de 0.35 (35%), mostrando que las comunidades de aves en los tipos de ecosistema son pocos semejantes (Figura 3B).

Figura 3.

Resultados de la evaluación de fauna silvestre (aves).



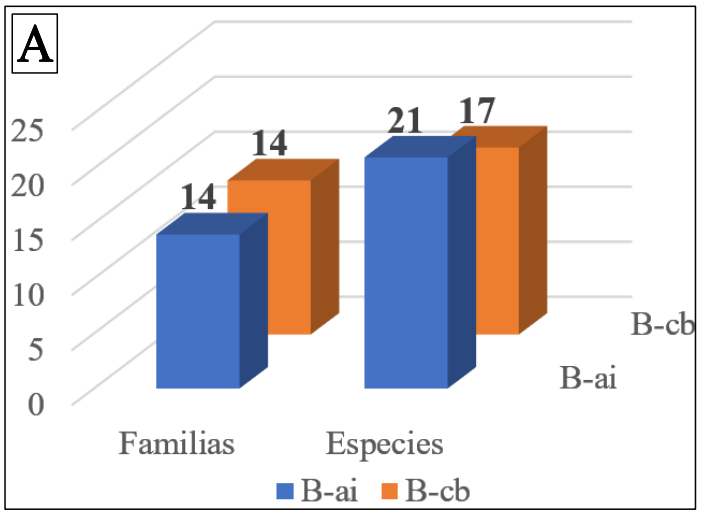


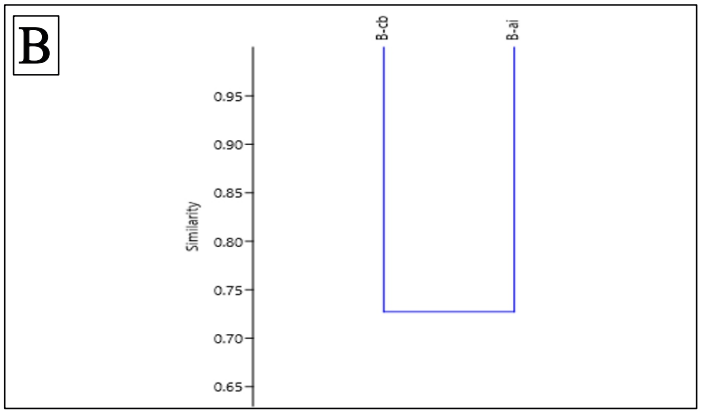
Nota: Riqueza de aves. A: Por tipo de ecossistema. B: Similitud de los dos tipos de ecossistemas.

En la comunidad de mamíferos, se registra un total de 1700 individuos, distribuidos en 22 especies y 14 familias. Asimismo, se cuenta que el B-ai presenta casi los mismos números a nivel de Familias, teniendo una leve diferencia en especies comparado con el tipo de B-cb (Figura 4). Los índices diversidad alfa mostraron una mediana diversidad. Para el índice de Simpson no hay diferencia significativa entre los tipos de ecosistema; mientras que para el índice de Shannon varía ligeramente a favor del B-ai (Tabla 2). La diversidad Beta, según el análisis de similitud de Jaccard, se tiene un valor bajo de 0.73 (73%), mostrando que las comunidades de mamíferos, en los tipos de ecosistema son medianamente semejantes (Figura 4B).

Figura 4.

Resultados de la evaluación de fauna silvestre (mamíferos)





Nota: Riqueza de mamíferos. A: Por tipo de ecosistema. B: Similitud de los dos tipos de ecosistemas.

Tabla 2.

Índices de diversidade Alfa de la concesión Loretillo.

	Flora		Fauna (Aves)		Fauna (Mamíferos)	
Tipos de Ecosistema	**Shannon (H)**	**Simpson (1-D)**	**Shannon (H)**	**Simpson (1-D)**	**Shannon (H)**	**Simpson (1-D)**
Bosque aluvial inundable (B-ai)	3.996	0.966	2.93	0.91	2.342	0.86
Bosque de colina baja (B-cb)	4.205	0.9725	2.60	0.88	2.279	0.87

Nota: B-ai: Bosque aluvial inundable; B-cb: Bosque de colina baja.

Especies amenazadas

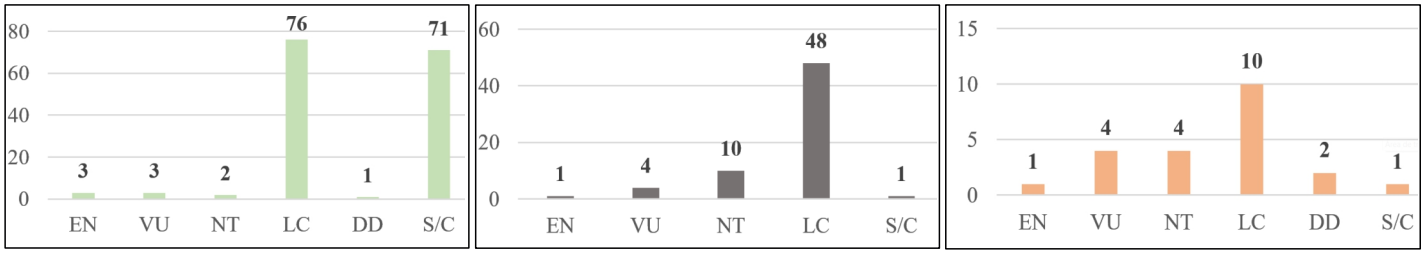
En la Figura 5A, se muestra las especies de flora silvestre que cuentan con categorías de amenaza; con mayor registro la de Preocupación Menor -LC (76). Es preciso indicar que 71 especies se encuentran S/C (Sin Categoría). Solo tres especies: tahuarí amarillo (*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O.Grose), cumala de bajío (*Virola surinamensis* (Rol. Ex Rottb.) Warb) e ishpingo (*Amburana cearensis* (Allemao) A.C.Sm.) se encuentran con la categoría más alta En Peligro (EN). La especie cedro (*Cedrela fissilis* Vell), es un registro importante, ya que es una especie que cuenta con categoría de amenaza Vulnerable (VU).

Para el caso de las aves, en la Figura 5B, se muestran 63 especies que cuentan con categorías de situación de amenaza. La categoría con más representantes es la de LC (48). La única especie que se encuentra con la categoría EN, es el loro cabeza amarilla (*Pionites leucogaster* Kuhl, 1820). Solo hay un representante que cuenta S/C. Es importante mencionar la presencia del guacamayo cabeza azul (*Primolius couloni* P.L. Sclater, 1876), con categoría de amenaza VU.

A nivel de mamíferos, la Figura 5C muestra el total de las especies registradas, donde la mayor cantidad se encuentra en la categoría de LC (10). Sólo la especie maquisapa (*Ateles chamek* Humboldt, 1812) se encuentra en la categoría más alta EN.

Figura 5.

Cantidad de especies amenazadas em la concesión Loretillo.



Nota: A: Flora silvestre; B: Fauna silvestre (aves); C: Fauna silvestre (mamíferos). Categorías de amenaza. EN: En Peligro; VU: Vulnerable; NT: Casi Amenazado; LC: Preocupación Menor; DD: Datos Insuficientes; S/C: Sin Categoría.

Tabla 3.

Bioindicadores de la concesión Loretillo

FLORA		FAUNA (AVES)		FAUNA (MAMÍFEROS)	
Nombre científico	**Nombre común**	**Nombre científico**	**Nombre común**	**Nombre científico**	**Nombre común**
Virola surinamensis	Cumala de bajío	*Pionites leucogaster*	Loro cabeza amarilla	*Ateles chamek*	Maquisapa
Handroanthus serratifolius	Tahuari amarillo	*Harpia harpyja*	Águila harpía	*Myrmecophaga tridactyla*	Oso hormiguero bandera
Amburana cearensis	Ishpingo	*Primolius couloni*	Guacamayo cabeza azul	*Priodontes maximus*	Armadillo gigante / yungunturo
Cedrela fissilis	Cedro	*Ramphastos tucanus*	Tucán	*Tapirus terrestris*	Tapir
Manilkara bidentata	Quinilla colorada	*Ramphastos vitellinus*	Tucán de pico acanalado	*Alouatta seniculus*	Mono coto
Bertholletia excelsa	Castaña	*Nannopsittaca dachillleae*	Periquito amazónico	*Panthera onca*	Jaguar / otorongo
Ceiba pentandra	Lupuna	*Mitu tuberosum*	Paujil	*Cebus cuscinus*	Machín blanco
Abuta grandifolia	Para para / Caimitillo	*Ara macao*	Guacamayo amarillo y rojo	*Lontra longicaudis*	Nutria de río
Dipteryx micrantha	Shihuahuaco	*Ara chloropterus*	Guacamayo verde y rojo	*Leopardus wiedii*	Margay
Attalea phalerata	Shapaja	*Aburria cumanensis*	Pava garganta azul	*Dicotyles tajacu*	Sajino
Iriartea deltoidea	Pona	*Pteroglossus beauharnaesii*	Arasarí crespo	*Mazama americana*	Venado colorado
Euterpe precatoria	Huasaí	*Pyrrhura rupícola*	Loro capirotada		
Astrocaryum murumuru	Huicungo	*Amazona farinosa*	Loro harinoso		
Brosimum lactescens	Tamamuri	*Spizaetus ornatus*	Águila crestada		
Leonia glycycarpa	Huevo de motelo	*Pyrilia barrabandi*	Loro cachetinaranja		
Pseudolmedia laevis	Chumicua con pelo	*Ara ararauna*	Guacamayo amarillo y azul		
Celtis iguanaea	Garabato	*Psophia leucoptera*	trompetero ala blanca		
Oenocarpus batahua	Ungurahui				
Ficus spp	Renaco				
Swartzia spp					

Nota: 48 especies identificadas mediante critérios seleccionados. Las especies de color verde son los Objetivos de Conservación (OC) identificados en la Estrategia Regional de Diversidad Biológica de Madre de Dios al 2021.

Bioindicadores

Se ha priorizado lo revisado en la bibliografía, los resultados de campo y la experiencia obtenida en diferentes investigaciones en la Amazonía peruana. Estos criterios como bioindicadores son: Especies identificadas como objetivos de conservación; Riqueza (S), Dominancia (D), índice de valor de importancia (IVI), presión y vulnerabilidad por la actividad de tala y por la presión de caza; especies con amplia distribución; correlacionados con el disturbio ambiental; de fácil identificación; categorías de amenaza a nivel nacional e internacional, especies CITES; emblemáticas y con importancia para la funcionalidad en el bosque y la red trófica.

Según el análisis desarrollado, en la Tabla 3 se identifican y proponen 48 especies de flora y fauna silvestre (20 flora, 17 aves y 11 mamíferos) que estarían cumpliendo como bioindicadores del bosque amazónico presentes en los dos tipos de ecosistemas de Loretillo. Además, se determinó que el servicio ecosistémico que estarían brindando al bosque amazónico, es el de regulación (reguladores del clima, polinizadores, dispersores y controladores biológicos).

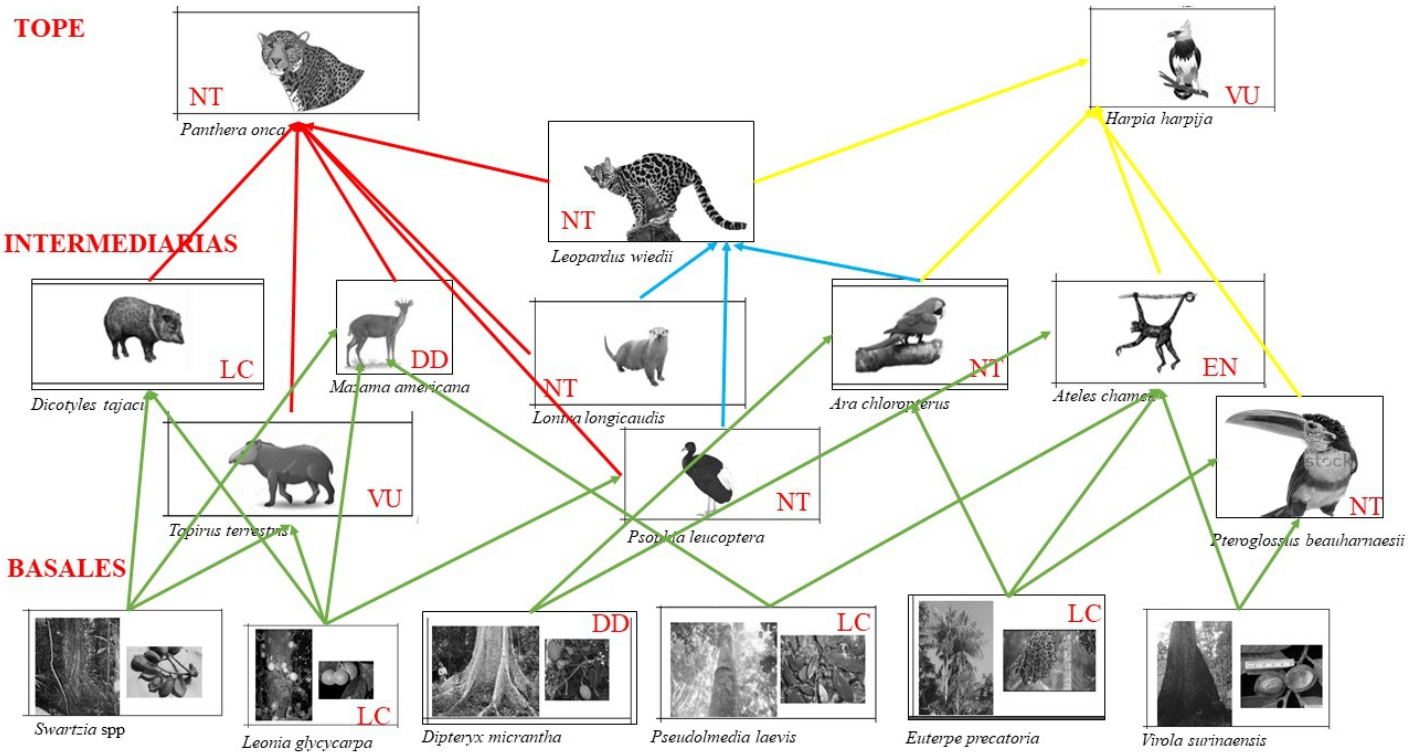
Rol de servicios ecosistémicos por bioindicadores.

Los servicios ecosistémicos determinado y priorizado en la presente investigación es; regulación, en el que se identifican a bioindicadores reguladores del clima, polinizadores, dispersores de semillas y controladores biológicos (estructura jerárquica de la cadena trófica). Este servicio expresa adecuadamente el concepto de diversidad funcional que ofrecen los bioindicadores. Asimismo, se ha identificado el perfil de la red trófica ya que es un medio para analizar la relación entre la forma, el flujo y funcionamiento del ecosistema; representando la interacción depredador-presa (Figura 6).

Discusión

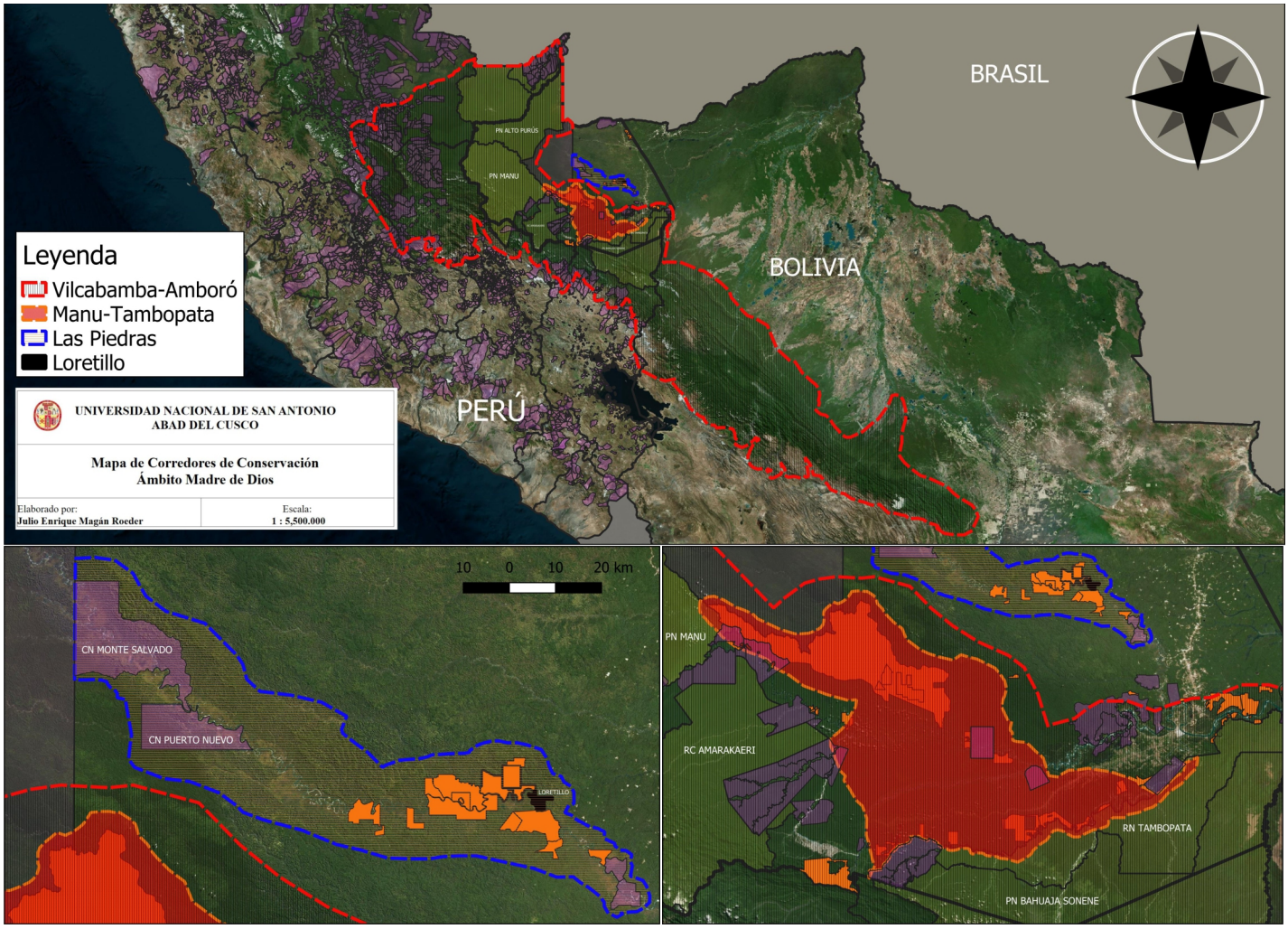
Para definir un corredor de conservación, otras medidas efectivas para la conservación - OMEC y las redes de conectividad; es necesario establecer "bioindicadores" (especies paraguas, objetos de conservación – OC) (Hilty, et al., 2021);(IUCN, 2021).

Figura 6.
Propuesta gráfica de la cadena trófica em la concesión Loretillo



Nota: Categorías de amenaza. EN: En Peligro; VU: Vulnerable; NT: Casi Amenazado; LC: Preocupación Menor; DD: Datos Insuficientes.

Figura 7.
Corredores de conservación en el departamento de Madre de Dios - Perú



Nota: Mapas temáticos de representación.

Estos bioindicadores, al ser priorizados, protegerán otras especies de menor rango dentro del bosque amazónico (Gonzáles, Vallarino, Pérez, & Low, 2014); (Forero-Medina, Valenzuela, & Saavedra-Rodríguez, 2021); (FCDS & Proyecto Prevenir de USAID, 2023). Esto coincide con algunos de los bioindicadores propuestos en la Tabla 3, donde los que están marcados de verde (06 especies), son los objetos de conservación definidos en la Estrategia Regional de Diversidad Biológica de Madre de Dios (GOREMAD, 2014). Además, se incluye que esta propuesta, contribuye al Objetivo A del convenio sobre la diversidad biológica – CDB Kumming-Montreal, y algunas Metas priorizadas(CDB, 2022) (Figura 7).

Sobre los bioindicadores a nivel de composición florística de Loretillo, el resultado obtenido concuerda con diferentes estudios desarrollados en selva baja (Alvarez-Montaván, et al., 2021), así como la instalación de PPM para determinar las especies con valor ecológico (Alvarez-Montaván, et al., 2021) (Monteagudo et al., 2020) (SERFOR, 2020). Las especies identificadas en las PPM, como *Bertholletia excelsa* (castaña), *Pseudolmedia laevis* (chimicua con pelo) e *Iriartea deltoidea* (pona); se reconocen en estudios similares, como especies hiperdominantes en la Amazonía. Por otra parte, las especies registradas como *I. deltoidea*, *Oenocarpus bataua* y *Euterpe precatoria* (huasaí) muestran ser especies ecológicamente importantes ya que son parte de la dieta de algunas especies de fauna silvestre (Fedriani & Suárez-Esteban, 2015). Se incluye la presencia de *Leonia glycycarpa* (huevo de motelo) y *Swartzia* spp, registradas como parte de la dieta de algunas especies de aves y mamíferos consideradas bioindicadores.

A nivel de bioindicadores de aves, los Psitácidos son importantes para la dispersión como reclutamiento de frutos (FCDS & Proyecto Prevenir de USAID, 2023). Se hace referencia principalmente la especie *Ara chloropterus* (guacamayo verde y rojo) como principal especie que se registró en las PPM consumiendo frutos de diferentes especies forestales (Brighsmith et al., 2018). Las especies *Psophia leucoptera* (trompetero) y *Aburria cumanensis* (pava garganta azul) son consideradas, para los fines de la investigación, como bioindicadores ya que cumplen la función de dispersión de semillas y por encontrarse bajo presión por la caza (Diaz.Martin, Swamy, Terborgh, Alvarez-Loayza, & Cornejo, 2014).

Para bioindicadores de mamíferos, se prioriza a la especie *Ateles chamek* por su función de dispersor de semillas y por su vulnerabilidad por las acciones de caza, coincidiendo con la investigación de (Diaz.Martin, Swamy, Terborgh, Alvarez-Loayza, & Cornejo, 2014). Asimismo, la presencia de *Panthera onca* (jaguar) cumple un rol importante como como modelo de conectividad del paisaje y controlador biológico al ser un súper depredador (top) en el bosque amazónico (Chávez, et al., 2013); (Epiquién & Espinosa, 2019) (Abarca-Arenas, Valero-Pacheco, Defín-Alonso, Morteo-Ortiz, & Franco-López, 2022); (FCDS & Proyecto Prevenir de USAID, 2023). Está especie está muy relacionada con la presencia del *Dicotyles tajacu* (sajino) por ser parte de su dieta; así como el *Mazama americana* (venado colorado). Por otro lado, el *Tapirus terrestres* (tapir/sachavaca), se ha seleccionado por su función que cumple como dispersor de semillas a grandes distancias (Gonzáles, González-Trujillo, Palmer, Pino, & Armenteras, 2017).

Para el caso de la relación planta (fruto, hojas, semillas) con la fauna silvestre, se considera un mutualismo fluido, ya que las aves y mamíferos utilizan la flora como alimento; mientras que la planta depende de ese proceso para que se dispersen sus semillas (Diaz.Martin, Swamy, Terborgh, Alvarez-Loayza, & Cornejo, 2014); (Fedriani & Suárez-Esteban, 2015). Para la evaluación se consideraron los niveles tróficos; mientras más alto se encuentre un representante del eslabón en la red, menos energía obtienes. Por tal motivo, las especies que se encuentran como las "intermediarias", cumplen un papel importante en la repartición de la energía entre eslabones; caso desaparecen, puede afectar a las redes tróficas, repercutiendo en sus consumidoras y el equilibrio del ecosistema (Wang, Li, & Zhou, 2023). Es importante entender que las interacciones sobre el nivel trófico (depredador-presa) es vital para el ecosistema, principalmente para el Amazónico. Debido a la fragmentación del hábitat o la transformación de la misma, puede resultar en la rotura de las interacciones, llegando a modificar la red trófica, perdiendo a los depredadores o perdiendo a sus presas o existan un incremento de ellos (Pires, Benchimol, Cruz, & Péres, 2022).

Conclusión

Mediante los formatos de registro directos e indirectos, así como el uso de cámaras trampa, el inventario de flora y fauna es efectivo; proporcionando una línea base fundamental para futuras estrategias de conservación y manejo sostenible del área. Los registros y los índices de diversidad indicaron que hay una alta concentración de riqueza biológica, priorizándola en la conservación de los ecosistemas de B-ai y B-cb presentes en la concesión. Se afirmaron criterios para identificación de bioindicadores, como: especies identificadas, y objetos de conservación, presión y vulnerabilidad por caza y tala, amplia distribución, correlacionadas con el disturbio ambiental, riqueza y abundancia, fácil identificación, con categorías de amenaza, denominación CITES e importancia por funcionalidad en el bosque.

Los servicios ecosistémicos fueron identificados y clasificados con la base de datos obtenida de los bioindicadores de la concesión Loretillo. Los principales servicios incluyen al de provisión como madera y frutos; el de regulación como control del ciclo del carbono, dispersión y polinización; y cultural relacionado al valor ancestral, así como educativo y turístico.

El rol que cumplen los bioindicadores se alinea directamente al servicio de regulación (regulación de clima, polinización, dispersión y controladores biológicos) porque expresa interacciones en la estructura de la red trófica (depredador-presa / reclutamiento de semillas); visualizando su función en el bosque Amazónico.

Agradecimientos

A la asociación Junglekeepers Perú por las coordinaciones y las facilidades para realizar la presente investigación científica en su concesión forestal y prestar sus instalaciones para el equipo de profesionales. A los guardabosques que fueron parte del inventario y monitoreo biológico. Al Centro de la Investigación Tecnológica para el Desarrollo Sostenible de la Amazonía, por ser parte de la investigación. Finalmente, mencionar que el presente estudio se desarrolló en el marco de la autorización de investigación Nº AUT-IFL-2020-043.

Referencias Bibliográficas

Abarca-Arenas, L., Valero-Pacheco, E., Defín-Alonso, C., Morteo-Ortiz, E., & Franco-López, J. (2022). *Redes tróficas como herramientas para el estudio de la diversidad y complejidad de ecosistemas*. Revista Mexicana de Biodiversidad(93). DOI: https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2022.93.4126.

Alvarez-Montaván, C., Manrique-León, S., Vela-Da-Fonseca, M., Cardozo-Soarez, J., Callo-Ccorcca, J., Bravo-Camara, P., Álvarez-Orellana, J. (2021). *Composición florística, estructura y diversidad arbórea de un bosque Amazónico del Perú*. Scientia Agropecuaria, 12(1), 73-82. DOI:https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.009.

Bowler, M. T., Tobler, M. W., Endress, B. A., Gilmore, M. P., & Anderson, M. J. (2016). *Estimating mammalian species richness and occupancy in tropical forest canopies with arboreal camera traps*. Remote Sensing in Ecology and Conservation, 3(3), 146-157. DOI:https://zslpublications.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/rse2.35.

Brighsmith, D., Vigo, G., Susanibar, D., Bazley, L., & Villanueva, L. (2018). *Ecología reproductiva y uso de collpas de guacamayos en Madre de Dios: Reporte de actividades 2016-2018*. Puerto Maldonado: AIDER. Retrieved from https://aider.com.pe/publicacionesca/informe-ecologia-reproc-uso-collpa-proyecto-guacamayo.pdf.

CDB. (2022). *Marco Mundial Kumming-Montreal de la diversidad biológica. Conferencia de las Partes*. Retrieved from https://www.cbd.int/doc/c/2c37/244c/133052cdb1ff4d5556ffac94/cop-15-l-25-es.pdf.

Chávez, C., De La Torre, A., Bárcenas, H., Medellín, R., Zarza, H., & Ceballos, G. (2013). *Manual de fototrampeo para estudio de fauna silvestre: El jaguar en México como estudio caso. México*. Retrieved from https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD002776.pdf.

Diaz.Martin, Z., Swamy, V., Terborgh, J., Alvarez-Loayza, P., & Cornejo, F. (2014). *Identifying keystone plant resources in an Amazonian forest using a long-term fuit-fall record*. Journal of Tropical Ecology, 291-301. Retrieved from https://www.academia.edu/27685441/Identifying_keystone_plant_resources_in_an_Amazonian_forest_using_a_long_term_fruit_fall_record

Epiquién, M., & Espinosa, T. (2019). *La conectividad ecológica en el paisaje corredor biológico Manu-Tambopata (MAT), ente los años 2004-2013*. Espacio y Desarrollo. DOI: https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/21762.

FCDS (2022) & Proyecto Prevenir de USAID (2023). *Análisis de conectividad ecológica entre áreas naturales protegidas en Madre de Dios*. Lima. Retrieved from https://preveniramazonia.pe/wp-content/uploads/ESTUDIO_CONECTIVIDAD_PREVENIR_MADREDEDIOS_2023.pdf.

Fedriani, J. M., & Suárez-Esteban, A. (2015). *Frutos, semillas y mamíferos frugívoros: Diversidad funcional de interacciones poco estudiadas*. ECOSISTEMAS, Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente, 1-4. DOI: https://www.revistaecosistemas.net/index.php/eco

sistemas/article/view/1152/923.

Forero-Medina, G., Valenzuela, L., & Saavedra-Rodríguez, C. A. (2021). *Las especies paisaje como estrategia de conservación de la biodiversidad: evaluación cuentitativa de su efectividad*. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 175(45). DOI: https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/las-especies-paisaje-como-estrategia-de-conservacion-de-la-biodi.

Gonzáles, C., Vallarino, A., Pérez, J., & Low, A. (2014). *Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro ambiental*. Retrieved from https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/11/Bioindicadores-Guardianes-de-nuestro-futuro-ambiental.pdf.

Gonzáles, T., González-Trujillo, J. D., Palmer, J. R., Pino, J., & Armenteras, D. (2017). *Movement behavior of a tropical mammal: The case of* Tapirus terrestris. Ecological Modelling (360), 223-229. DOI: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304380016308195?via%3Dihub.

GOREMAD. (2014). *Estrategia Regional de la Diversidad Biológica de Madre de Dios y su Plan de Acción 2014-2021*. Puerto Maldonado. Retrieved from https://www.gob.pe/institucion/regionmadrededios/informes-publicaciones/2028967-estrategia-regional-de-diversidad-biologica-de-madre-de-dios-al-2021

Hilty, J., Worboys, G. L., Keeley, A., Woodley, S., Lausche, B., Locke, H., . . . Tabor, G. M. (2021). *Lineamientos para la conservación de la conectividad a través de redes y corredores ecológicos*. Serie directrices para buenas prácticas en áreas protegidas. Retrieved from https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/PAG-030-Es.pdf.

IUCN. (2021). *Reconociendo y reportando otras medidas efectivas de conservación basadas en áreas*. Grupo de trabajo de la comisión mundial de áreas naturales protegidas (CMAP) sobre OMEC. DOI: https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/PATRS-003-Es.pdf.

MINAM. (2015a). *Guía de inventario de la fauna silvestre*. Lima: Ministerio del Ambiente. Retrieved from https://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/GU%C3%83-A-DE-FAUNA-SILVESTRE.compressed.pdf.
MINAM. (2015a). *Guía de inventario de la fauna silvestre*.
Lima: Ministerio del Ambiente. Retrieved from https://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/GU%C3%83-A-DE-FAUNA-SILVESTRE.compressed.pdf.

MINAM. (2015b). *Guía de inventario de la flora y vegetación*. Lima. Retrieved from https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2683-guia-de-inventario-de-la-flora-y-vegetacion.

MINAM. (2019c). *Memoria descriptiva del mapa nacional de ecosistemas del Perú*. Lima. Retrieved from https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/memoria_mapa_ecosistemas.pdf.

MINAM. (2021a). *Lineamiento para el diseño e implementación de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos*. Lima. Obtenido de https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2143253-lineamientos-para-el-diseno-e-implementacion-de-mecanismos-de-retribucion-por-servicios-ecosistemicos.

Monteagudo, A., Vásquez, R., Rojas, R., Phillips, O., Baker, T., Dueñas, H., . . . Alfaro, L. (2020). *Primer catálogo de los árboles de la Amazonía de Madre de Dios, Perú*. Puerto Maldonado.

OSINFOR. (2018). *Aprovechamiento forestal maderable en concesiones de castaña*. Lima. Retrieved from https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1016223/APROVECHAMIENTO-FORESTAL-CASTA%C3%91A-VF20200716-31706-16p1wqt.pdf.

Pires, M., Benchimol, M., Cruz, L., & Péres, C. (2022). *Terrestrial food web complexity in Amazonian forest decays with habitat loss*. Current Biology, 2(33), 389-396. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cub.2022.11.066.

Reid, W. V., Mooney, H. A., Cropper, A., Capistrano, D., Carpentes, S., Chopra, K., . . . Zurek, M. (2005). *Ecosystem and humans well-being. Synthesis. A report of the Millenium Ecosystem Assessment (MEA)*. Washington DC: Island Press. Retrieved from https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf.

SERFOR. (2015b). *Ley Forestal y de Fauna Silvestre Nº 29763*. Retrieved from https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-sanmartin/archivos/public/docs/lffs-y-sus-reglamentos.pdf.

SERFOR. (2016a). *Marco metodológico del inventario nacional forestal y de fauna silvestre - Perú*. Lima. Retrieved from https://faolex.fao.org/docs/pdf/per161159anx.pdf.

SERFOR. (2020b). *Manual para la identificación botánica de especies forestales de la Amazonía peruana.* Lima. Retrieved from https://repositorio.serfor.gob.pe/handle/SERFOR/895.

SERNANP, & WCS. (2021). *Monitoreo del componente físico del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SINANPE)*. Lima. Retrieved from https://sis.sernanp.gob.pe/biblioteca/?publicacion=2511.

Shanley, E., Cymerys, M., Serra, M., & Medina, G. (2012). *Frutales y plantas útiles en la visa Amazónica.* Acre, Brasil. Acre. Retrieved from https://www.fao.org/4/i2360s/i2360s.pdf.

Tobler, M. W., Hartley, A. Z., Carrillo-Percastegui, S. E., & Powell, G. V. (2015). *Spatiotemporal hierarchical modelling of species richness and occupancy using camera trap data*. Journal of Applied Ecology, 413-421. DOI: https://doi.org/10.1111/1365-2664.12399

Wang, Q., Li, X., & Zhou, X. (2023). *New shortcut for conservation: The combination management strategy of "keystone species" plus "umbrella species" based on food web structure*. Biological Conservation. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110265.

WCS. (2020). *Documento de conceptualización del monitoreo en las áreas naturales protegidas*. Retrieved from https://library.wcs.org/en-us/doi/ctl/view/mid/33065/pubid/DMX3861200000.aspx