



UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE ECOSISTEMAS

**EVALUACIÓN DE LA SUCESIÓN ECOLÓGICA DEL BOSQUE DEGRADADO DE
LA UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM: IMPLICACIÓN PARA LA
RESTAURACIÓN ECOLÓGICA**

Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de:

INGENIERA EN ECOSISTEMAS

AUTOR: DEYCI ARACELY PEÑAFIEL VILLALBA

Tena, Ecuador

2024



UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE ECOSISTEMAS

**EVALUACIÓN DE LA SUCESIÓN ECOLÓGICA DEL BOSQUE DEGRADADO DE
LA UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM: IMPLICACIÓN PARA LA
RESTAURACIÓN ECOLÓGICA**

Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de:

INGENIERA EN ECOSISTEMAS

AUTOR: DEYCI ARACELY PEÑAFIEL VILLALBA

TUTOR: PhD. PABLO RODRIGO CUENCA CAPA

Tena, Ecuador

2024

Carrera de Ecosistemas

Declaración de Derecho de Autor, Autenticidad y Responsabilidad

Tena, 03 de septiembre de 2014

Yo, DEYCI ARACELY PEÑAFIEL VILLALBA con documento de identidad N° 2100616750, declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento en este documento final, previo a la obtención del título de Ingeniera en Ecosistemas, son absolutamente inéditos, originales, auténticos y personales.

En virtud de lo cual, el contenido, criterios, opiniones, resultados, análisis, interpretaciones, conclusiones, recomendaciones y todos los demás aspectos vertidos en la presente investigación son de mi autoría y de mi absoluta responsabilidad.



Deyci Aracely Peñafiel Villalba

CI: 2100616750

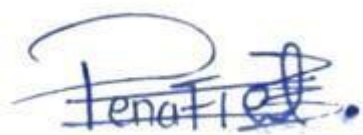
Carrera de Ecosistemas

Autorización de Publicación en el Repositorio Institucional

Tena, 03 de septiembre de 2014

Yo, Deyci Aracely Peñafiel Villalba, con documento de identidad 2100616750, en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación: EVALUACIÓN DE LA SUCESIÓN ECOLÓGICA DEL BOSQUE DEGRADADO DE LA UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM: IMPLICACIÓN PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA , reconozco a favor de la Universidad Regional Amazónica Ikiam una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Así mismo autorizo a la Universidad Regional Amazónica Ikiam para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.



Deyci Aracely Peñafiel Villalba

CI: 2100616750

Carrera de Ecosistemas

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Tena, 03 de septiembre de 2024

Certifico que el trabajo de titulación: “EVALUACIÓN DE LA SUCESIÓN ECOLÓGICA DEL BOSQUE DEGRADADO DE LA UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM: IMPLICACIÓN PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA “en la modalidad de: articulo, fue realizado por Deyci Aracely Peñafiel Villalba, bajo mi dirección.

El mismo ha sido revisado en su totalidad y analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad Regional Amazónica Ikiam, para su entrega y defensa.



Pablo Rodrigo Cuenca Capa

C.I: 1714282801

AGRADECIMIENTOS

Inmenso agradecimiento a mis profesores; no solo han sido guías académicos, sino también mentores y amigos. Recuerdo con mucho cariño las conversaciones con la profesora Alba Aguinaga, quien siempre me alentó a seguir mis sueños y nunca rendirme. A mi profesor y tutor de tesis, Pablo Cuenca, por su confianza, apoyo y motivación. Gracias por todas las oportunidades de aprendizaje y acompañamiento en este proceso.

Al Laboratorio de Cambio Global, por brindarme un espacio y un ambiente colaborativo, proporcionando una experiencia enriquecedora que me permitió crecer tanto académica como profesionalmente, y donde pude desarrollar mi trabajo de investigación.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres Leticia y Gonzalo por su incondicional apoyo y motivación que siempre me han brindado a lo largo de la carrera universitaria. A mi hermana Angelica Peñafiel y mi sobrino Luis por sus constantes palabras de motivación y por qué fueron un pilar fundamental pues siempre me llenaron la vida de sonrisas.

A mis amigos, en especial a Karen, Mirian y Lenin quienes me han brindado su amistad sincera y un apoyo incondicional que ha sido fundamental en mi vida universitaria.

TABLA DE CONTENIDO

PORTADA

Declaración de Derecho de Autor, Autenticidad y Responsabilidad	ii
Autorización de Publicación en el Repositorio Institucional	iii
Certificado de dirección de trabajo de titulación	iv
AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
DESARROLLO FORMATO ARTÍCULO	1
Introducción	2
2. Materiales y métodos	4
2.2. Caracterización de la Composición y la Estructura del Bosque Degradado de la URAI	7
2.2.1. Índices de Diversidad Ecológica	8
2.3. Evaluación de la Sucesión Ecológica y Dinámica de la Regeneración Natural Bosque Degradado de la URAI	9
2.3.1. Evaluación de la Sucesión Ecológica del Bosque Degradado de la URAI	9
2.3.2. Dinámica de la Regeneración Natural del Bosque Degradado de la URAI	10
2.4. Propuesta Piloto de Restauración Ecológica Para el Bosque Degradado de la URAI	11
3. Resultados	12
3.1. Resultados del Análisis de la Estructura y Composición de Bosque Degradado de la URAI	12
3.1.1. Resultados de Índices de Diversidad Ecológica	15
3.2. Resultados Evaluación de la Sucesión Ecológica y Dinámica de la Regeneración Natural Bosque Degradado de la URAI	17

3.2.1.	Evaluación de la Sucesión Ecológica del Bosque Degradado de la URAI	17
3.2.2.	Dinámica de la Regeneración Natural del Bosque Degradado de la URAI	17
3.3.	Propuesta Piloto de Restauración Ecológica	19
4.	Discusión	21
4.1.	Estructura y Composición del Bosque Degradado de la URAI.....	21
4.1.1.	Análisis de Índices de Diversidad Ecológica	23
4.2.	Sucesión Ecológica y Regeneración Natural del Bosque Degradado de la URAI	23
4.2.1.	Evaluación de la Sucesión Ecológica del Bosque Degradado de la URAI	23
4.2.2.	Dinámica de la Regeneración Natural del Bosque Degradado de la URAI	24
4.3.	Especies Claves para la Propuesta Piloto de Restauración Ecológica	25
5.	Conclusiones	26
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	1
	Anexos	5

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Variables climáticas registradas para los 7 meses que duro la investigación.....	5
Tabla 2.	Coordenadas geográficas de las parcelas establecidas en el bosque degradado de la URAI.....	6
Tabla 3.	Variables que se midieron para conocer la composición y estructura del bosque degradado de la URAI.	8
Tabla 4.	Estadísticos utilizados para evaluar la diversidad de especies y la similitud entre parcelas establecidas en el bosque degradado de la URAI.	9
Tabla 5.	Investigaciones sobre Procesos de Sucesión Ecológica en Bosques	10
Tabla 6.	Categorías y tamaños de las muestras para evaluar la sucesión ecológica y la dinámica de la regeneración natural del bosque degradado de la URAI.....	11
Tabla 7.	Resultados del índice de Bray – Curtis utilizado para medir la disimilitud entre las tres parcelas muestreadas en el bosque degradado de la URAI.....	15
Tabla 8.	Índices de valor de importancia ecológica del bosque degradado de la URAI.	16
Tabla 9.	Índices de valor de importancia IVI calculado para las especies inventariadas en el bosque degradado de la URAI	16
Tabla 10.	Familias y estado de sucesión ecología en el cual están más presentes ..	17
Tabla 11.	Abundancia de individuos por categoría de regeneración.	18
Tabla 12.	Especies que considerar en la propuesta piloto para la restauración ecológica del bosque degradado de la URAI.	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa de zonificación de las actividades en los previos de la Universidad Regional Amazónica Ikiam, en la zona norte se ubican las parcelas de estudio.	5
Figura 2.	Zona de establecimiento de parcelas e inventario forestal del bosque degradado de la URAI.	6
Figura 3.	Diseño de parcelas para el inventario forestal, latizales y brinzales del bosque degradado de la URAI.....	7
Figura 4.	Parámetros para realizar las gráficas de estratificación diamétrica y altimétricas del bosque degradado de la URAI.	8
Figura 5.	Esquema de la propuesta piloto para la restauración ecológica del bosque degradado de la URAI.	12
Figura 6.	Especies, familias y total de individuos identificados en el bosque degradado de la URAI.	13
Figura 7.	Familias identificadas en el inventario forestal del bosque degradado URAI.....	13
Figura 8.	Distribución de individuos por clases altimétricas en el bosque degradado de la URAI.	14
Figura 9.	Distribución de individuos por clases diamétricas con sus respectivas especies identificadas del bosque degradado de la URAI.....	14
Figura 10.	Curva de acumulación de muestreo	15
Figura 11.	Número de individuos y familias presentes en las categorías latizal del bosque degradado de la URAI.	18
Figura 12.	Número de familias presentes en la categoría brinzales que se encontraron el bosque degradado de la URAI.	19
Figura 13.	Esquema de plantación de especies forestales considerando que dichas especies enriquezcan al bosque tanto en las etapas de sucesión ecológica como en estructura y composición.	20

RESUMEN

La presente investigación diagnosticó la sucesión ecológica y la dinámica de la regeneración natural en el bosque degradado de la Universidad Regional Amazónica Ikiám. Para ello, se realizó un inventario forestal mediante el establecimiento de tres parcelas de 50 x 50 m. El resultado fue un total de 534 individuos registrados, concentrados predominantemente en el estrato medio del bosque. Para la categoría de especies con un DAP > 10 cm, se registraron 328 individuos de 42 especies y 26 familias. Las tres familias con mayor número de individuos fueron Melastomataceae (85), Vochysiaceae (56) y Euphorbiaceae (39). No se encontraron diferencias significativas entre las tres parcelas; en la parcela uno se registró el menor número de individuos (81), mientras que en la parcela dos se registró el mayor número de individuos (127). El bosque mostró una baja dinámica de regeneración natural, además algunas de las especies de la familia Melastomataceae y Rubiaceae están limitando la regeneración de especies nativas. Esta información permitió concluir que el bosque necesita de especies que le permitan seguir avanzando en las etapas de sucesión ecológica, lo que apoya la necesidad de realizar actividades de enriquecimiento forestal como estrategia de restauración ecológica.

Palabras clave: bosque degradado; dinámica; enriquecimiento forestal; regeneración natural; restauración de ecosistemas; sucesión secundaria

ABSTRACT

The present study diagnosed the ecological succession and dynamics of natural regeneration in the degraded forest of the Regional Amazonian University Ikiam. A forest inventory was conducted by establishing three 50 x 50 m plots. The result was a total of 534 recorded individuals, predominantly concentrated in the middle stratum of the forest. For the category of species with a DBH > 10 cm, 328 individuals from 42 species and 26 families were recorded. The three families with the highest number of individuals were Melastomataceae (85), Vochysiaceae (56), and Euphorbiaceae (39). No significant differences were found among the three plots; plot one had the lowest number of individuals (81), while plot two had the highest number of individuals (127). The forest showed a low dynamic of natural regeneration, and some species from the Melastomataceae and Rubiaceae families are limiting the regeneration of native species. This information led to the conclusion that the forest needs species that allow it to progress further in the stages of ecological succession, supporting the need for forest enrichment activities as a strategy for ecological restoration.

Keywords: degraded forest; dynamics; forest enrichment; natural regeneration; ecosystem restoration; secondary succession

DESARROLLO FORMATO ARTÍCULO

Revista: JOURNAL LAND

Link Revista: <https://www.mdpi.com/journal/land/instructions>

Evaluación de la sucesión ecológica del bosque degradado de la Universidad Regional Amazónica Ikiam: Implicación para la restauración ecológica

Assessment of ecological succession in the degraded forest of the Amazon Regional University Ikiam: Implications for ecological restoration.

Deyci Peñafiel^{1*}

¹Facultad de Ciencias de la Vida, Universidad Regional Amazónica Ikiam, Tena Ecuador, (*) Autor correspondiente: deyci.penafiel@est.ikiam.edu.ec

INTRODUCCIÓN

Los bosques Amazónicos ofrecen una amplia gama de servicios ecosistémicos como: servicios de aprovisionamiento, regulación, culturales y de apoyo [1], aproximadamente un tercio de la población mundial depende de estos servicios [2]. Además, estos bosques desempeñan un papel crucial por su capacidad para almacenar carbono en la superficie, lo que se considera un servicio fundamental para la mitigación del cambio climático [3,4]. El almacenamiento de carbono tiene relaciones sinérgicas con múltiples servicios ecosistémicos, contribuyendo al mantenimiento de la biodiversidad y la regulación de ciclos hidrológicos [3]. Sin embargo, los bosques están amenazados por la deforestación, la fragmentación y la degradación forestal [5]. La degradación forestal se entiende como la reducción de la cobertura forestal, pérdida de especies vegetales y animales [6].

Para comprender esta degradación desde una perspectiva funcional, es clave considerar variables como los cambios en la estructura del dosel y sotobosque, biomasa y riqueza de especies de flora y fauna [6]. Dado que la degradación de los bosques es dinámica y varía con el tiempo, es esencial establecer un ecosistema de referencia para medir adecuadamente los atributos ecológicos perdidos [7], lo que ayuda a entender las dinámicas de estos ecosistemas y su impacto en la salud del entorno natural [8].

En los bosques degradados, las sucesiones secundarias ofrecen la posibilidad de recuperar algunas de las características de las selvas tropicales originales y conservadas [9]. La sucesión ecológica es un proceso de cambio progresivo en la estructura y composición de una comunidad ecológica a lo largo del tiempo, que ocurre después de una perturbación que crea nuevas condiciones ambientales [9,10]. A lo largo del tiempo, las especies pioneras iniciales, que son adaptadas para colonizar rápidamente áreas perturbadas, son suplantadas por especies sucesionales intermedias y, finalmente, por una comunidad clímax que se caracteriza por una estructura y composición más estables y diversas [11].

Los distintos estadios sucesionales describen las etapas por las que pasa un ecosistema desde la colonización inicial por especies pioneras hasta la madurez con especies de clímax [12,13]. Los inventarios forestales proporcionan información sobre las características del bosque a través de la densidad arbórea, el área basal, la altura del dosel y la estratificación del bosque [14]. La identificación florística permite determinar la composición de las especies forestales que conforman el bosque [14]. Al identificar en qué fase sucesional se encuentra un bosque degradado, se pueden ajustar las prácticas de manejo para abordar las necesidades específicas de cada etapa, promoviendo un desarrollo más eficiente del ecosistema [9,12]. Este enfoque garantiza que los esfuerzos de restauración contribuyan a la resiliencia y estabilidad a largo plazo del paisaje restaurado [15,16].

La sucesión ecológica y la dinámica de la comunidad vegetal fueron observadas a través de parcelas establecidas en distintas etapas sucesionales [13,15,16], observaron cambios significativos en la estructura y composición del bosque. Estas investigaciones subrayan la importancia de considerar los requisitos de los gremios funcionales de las plantas durante la planificación de la restauración [13,17], destacando la necesidad de condiciones específicas para garantizar una restauración exitosa. Por tal razón, en bosques con baja regeneración natural, una alternativa de restauración es el enriquecimiento forestal [17]. El enriquecimiento forestal con especies arbóreas nativas y de sotobosque impulsa el avance de etapas intermedias a tardías de sucesión ecológica, favoreciendo la recuperación de la estructura y funcionalidad del ecosistema [18,19].

La Amazonia ecuatoriana carece de investigaciones sobre la degradación forestal de sus bosques [20], lo cual dificulta entender sus procesos de recuperación tras un impacto antropogénico. En la provincia de Napo, los bosques enfrentan presiones cada vez mayores debido a la perturbación humana y la fragmentación del hábitat [21]. La falta de información detallada sobre los procesos de sucesión ecológica y la regeneración de estos ecosistemas constituye un desafío considerable para comprender su dinámica, composición y estructura post-degradación [3]. Por ejemplo, la Universidad Regional

Amazónica Ikiam (URAI), cuenta con un área de 15 hectáreas, de bosque degradado, pero carece de información sobre la situación en la que se encuentran estos bosques [22]. Por ello este estudio tiene por objetivo. a) Analizar la estructura y la composición florística del bosque degradado perteneciente a la URAI. b) Evaluar la sucesión ecológica y la dinámica de la regeneración natural del bosque degradado perteneciente a la URAI. c) Diseñar una propuesta piloto de restauración ecológica con base a la dinámica de la regeneración natural que presente el bosque degradado de la URAI. La presente investigación se ha planteado la siguiente interrogante: ¿Cómo los procesos de sucesión ecológica del bosque degradado de la URAI influyen en los procesos de la regeneración natural?

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La Universidad Amazónica Regional Ikiam (URAI) se localiza en la provincia de Napo cantón Tena, cuenta con una superficie de 246 hectáreas en las cuales se realizan varias actividades de investigación (Figura 1), además la Universidad cuenta con acceso a la Reserva Biológica Colonso Chalupas (RBCC), área protegida, con 93.246 hectáreas y que cubre un rango altitudinal que va desde los bosques húmedos tropicales amazónicos a 477 msnm hasta los páramos alto andinos a 4.480 msnm en el lado oriental de la Cordillera de Los Andes [23].

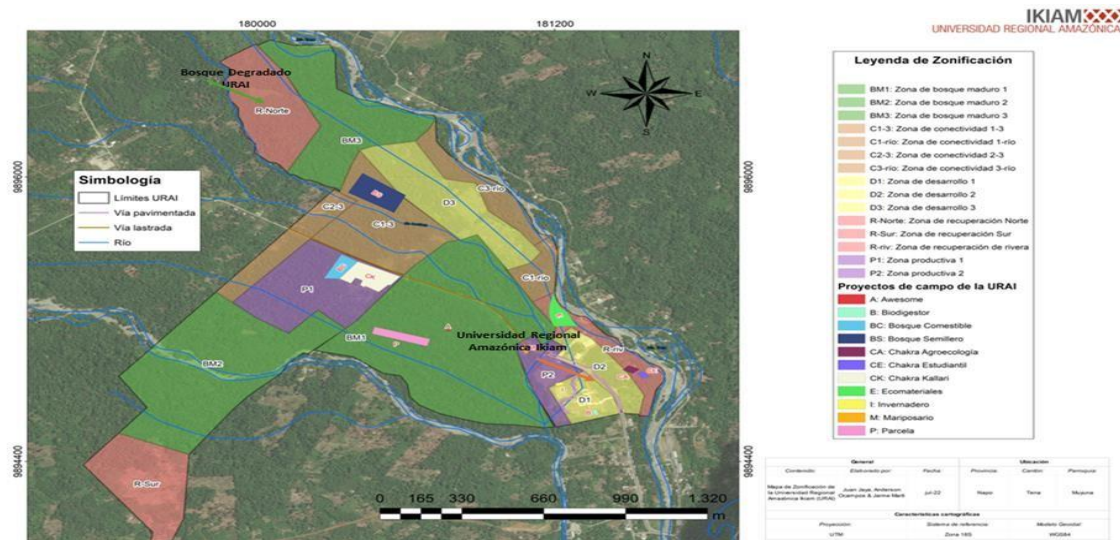


Figura 1. Mapa de zonificación de las actividades en los previos de la Universidad Regional Amazónica Ikiam, en la zona norte se ubican las parcelas de estudio.

2.1. Ubicación Establecimiento Parcelas

El estudio se llevó a cabo en los bosques de la Universidad Regional Amazónica en la zona norte la cual cuenta con una superficie de 15 hectáreas, a unos 45 minutos de las instalaciones de la universidad. El inventario forestal se realizó en el periodo entre noviembre de 2023 hasta mayo de 2024, cuyas condiciones climáticas según lo reportado diariamente por la estación meteorológica Japonesa en Alto Tena [24], se detalla en la (Tabla 1). En esta tabla se presentan las desviaciones estándar de los promedios de los factores climáticos Temperatura, Humedad relativa y precipitación.

Tabla 1. Variables climáticas registradas para los 7 meses que duro la investigación.

Meses	Temperatura	Humedad Relativa	Precipitación
7	23.44 ± 0.96	88.74 ± 28.87	12.83 ± 28.12

Se realizó un recorrido en la zona norte en el bosque degradado de la URAI, donde se instaló tres parcelas permanentes de medición (PPM), de 0.25 ha cada una, con dimensiones de 50 x 50 m (Figura 2). Las parcelas instaladas tuvieron un diseño cuadrado, siguiendo metodología propuesta por [25], esta forma reduce el riesgo de

cometer errores de medición en individuos ubicados en el borde de las parcelas. Para ello se utilizó una brújula, cinta métrica de 50 m, tubos de PVC los cuales se colocó en las 4 esquinas para delimitar la parcela. Además, se tomó los puntos GPS en el centro de cada parcela (Tabla 2).

Tabla 2. Coordenadas geográficas de las parcelas establecidas en el bosque degradado de la URAI.

Nº Parcela	Coordenadas X (18M)	Coordenadas Y (UTM)
1	0180291	9896105
2	0180382	9895783
3	0180284	9895708

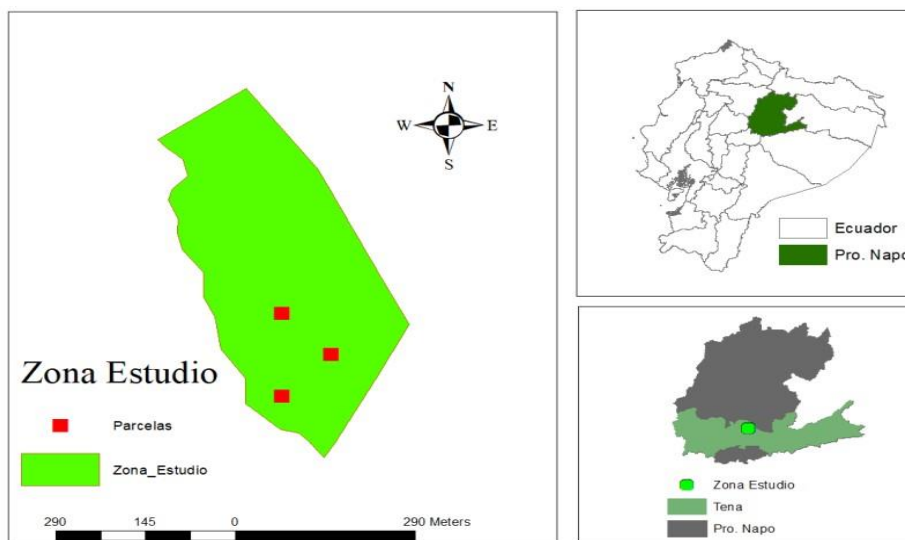


Figura 2. Zona de establecimiento de parcelas e inventario forestal del bosque degradado de la URAI.

2.2. Caracterización de la Composición y la Estructura del Bosque Degradado de la URAI

Para el estudio de la vegetación se instalaron tres parcelas permanentes de 50 x 50 m (2500 m²) (Figura 3), en cada una de las cuales se realizó un inventario forestal para tener la línea base del estado del bosque para lo cual se registraron variables que están descritas en la (Tabla 3). La identificación de las especies se realizó mediante el uso de la guía árboles emblemáticos del Yasuní [26], y comparación de ilustraciones presentadas en literatura especializada tales como: Árboles del Ecuador [27] y Catálogo de Plantas Vasculares del Ecuador [28].

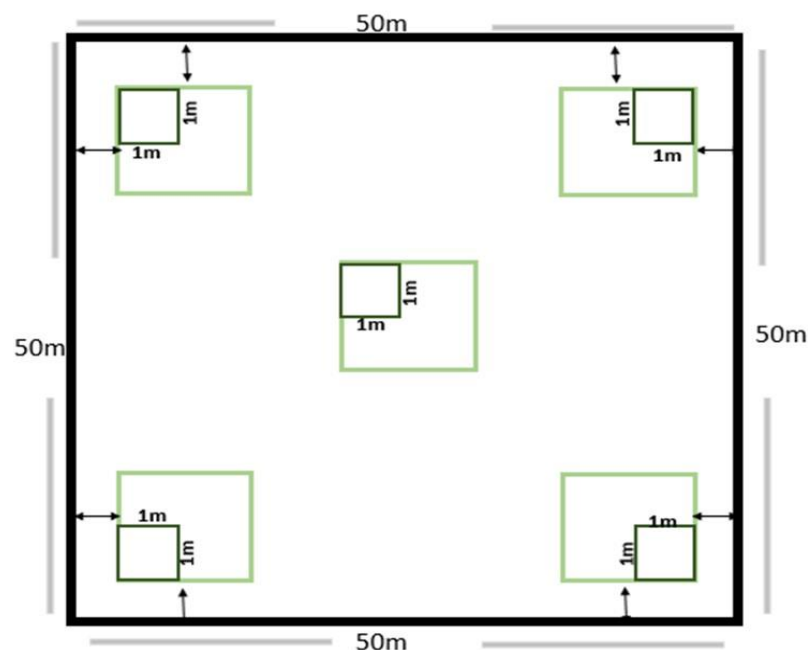


Figura 3. Diseño de parcelas para el inventario forestal, latizales y brinzales del bosque degradado de la URAI

El diámetro a la altura del pecho (DAP) y el número de familias botánicas son esenciales para entender su función y diversidad estructural del bosque, mientras que el número de familias indica la complejidad y salud del ecosistema [25]. La dominancia relativa y absoluta, junto con la altura total (HT) y el número de individuos, revelan la estructura y funcionamiento del bosque. El Índice de Valor de Importancia (IVI) mide la relevancia

de cada especie, facilitando la planificación de manejo y monitoreo de cambios ecológicos (Tabla 3).

Tabla 3. Variables que se midieron para conocer la composición y estructura del bosque degradado de la URAI.

Variables	
Diámetro de altura al pecho (DAP)	Número de familias botánicas
convenida a 1,30 m del suelo	Dominancia relativa y absoluta
Altura total (HT)	Abundancia relativa y absoluta
Número de individuos	Frecuencia relativa y absoluta
Número de especies	Índice de valor de importancia (IVI)

Para conocer la estructura que tiene el bosque degradado de la URAI se realizó una estratificación con las estipulaciones expuestas en la (Figura 4).

Estratificación	Rangos
Clases altimétricas	Estrato superior HT > 20m
	Estrato medio HT 10.1 a 20m
	Estrato inferior HT menor o igual a 10 m
Clases diamétricas	10 - 30 cm
	30,1 - 50 cm
	50,1 - 70 cm
	70,1 - 90 cm
	90,1 - 110 cm
	> 110 cm

Figura 4. Parámetros para realizar las gráficas de estratificación diamétrica y altimétricas del bosque degradado de la URAI.

2.2.1. Índices de Diversidad Ecológica

Una vez recabada la información, se procedió a calcular los índices de diversidad ecológica, procedimiento crucial para comprender la estructura y la salud del ecosistema (Tabla 4). Los índices de diversidad proporcionan una medida cuantitativa de la variedad y abundancia de especies presentes en el área de estudio. Utilizando el software EstimateS, se realizaron los cálculos de intensidad de muestreo, así como los índices de similitud de Bray-Curtis y de diversidad de Shannon y Simpson, lo que permite

un análisis más a detalle de la diversidad y la distribución de las especies en el bosque degradado de la URAI.

Tabla 4. Estadísticos utilizados para evaluar la diversidad de especies y la similitud entre parcelas establecidas en el bosque degradado de la URAI.

CÁLCULOS	FÓRMULA	MÉTODO
Curva de acumulación de especies	Chao 1	No paramétrico
Índice de bray curtis	Medida de disimilitud	No paramétrico
Índice de simpson	$\lambda = \sum p_i^2$ (9)	Sumatoria de la abundancia relativa de la elevada al cuadrado
Índice de shannon	$H' = -\sum p_i \ln p$	H' = Shannon $\sum p_i \ln p$ = sumatoria de la abundancia relativa ln = Logaritmo natural

2.3. Evaluación de la Sucesión Ecológica y Dinámica de la Regeneración Natural Bosque Degradado de la URAI

2.3.1. Evaluación de la Sucesión Ecológica del Bosque Degradado de la URAI

Para entender la dinámica y el funcionamiento de los ecosistemas forestales, es esencial evaluar el estado de sucesión ecológica [29] del bosque degradado de la URAI. Mediante la sucesión, se generan etapas de recambio de especies en el área disturbada. Cada una permite una recuperación progresiva de los atributos del área que, con el tiempo, llega eventualmente a conformar un bosque maduro [30]. Identificar las especies dominantes en cada fase, es clave ya que permite determinar en qué estado se encuentra el bosque [31].

Para evaluar la sucesión ecológica del bosque degradado de la URAI, se generó un listado en la cual consta investigaciones realizadas en diferentes etapas de la sucesión ecológica en bosques tropicales (Tabla 5). Esta tabla permitirá contrastar las especies reportadas por diversos investigadores con las especies encontradas en este estudio. La

recopilación de estos datos permitirá determinar en qué estadio de sucesión ecológica se encuentra el bosque degradado de la URAI

Tabla 5. Investigaciones sobre Procesos de Sucesión Ecológica en Bosques

Investigador	Título de la Investigación	Año
Mariscal, A., Tigabu, M., Savadogo, P., & Odén, P. C.	Regeneration status and role of traditional ecological knowledge for cloud forest ecosystem restoration in Ecuador. <i>Forests</i> , 13(1), 92.	2022
Villa, P. M., Martins, S. V., Rodrigues, A. C., Safar, N. V. H., Bonilla, M. A. C., & Ali, A.	Testing species abundance distribution models in tropical forest successions: implications for fine-scale passive restoration. <i>Ecological Engineering</i> , 135, 28-35.	2019
Dahik, C. Q., Marín, F., Arias, R., Crespo, P., Weber, M., & Palomeque, X.	Comparison of natural regeneration in natural grassland and pine plantations across an elevational gradient in the páramo ecosystem of southern Ecuador. <i>Forests</i> , 10(9). https://doi.org/10.3390/f10090745	2019
Günter, S., Weber, M., Erreis, R., & Aguirre, N.	Influence of distance to forest edges on natural regeneration of abandoned pastures: a case study in the tropical mountain rain forest of Southern Ecuador. <i>European Journal of Forest Research</i> , 126, 67–75.	2007
Wen, Y., Chen, C., He, B., & Lu, X.	(2022). CSR ecological strategies and functional traits of the co-existing species along the succession in the tropical lowland rain Forest. <i>Forests</i> , 13(8), 1272.	2022
Maldonado, G.	Guía para la restauración de bosques montanos tropicales. <i>CONDESAN. Quito, Ecuador.</i>	2018
Myster, R. W.	(2020). Disturbance and response in the Andean cloud forest: a conceptual review. <i>The Botanical Review</i> , 86(2), 119-135.	2020

2.3.2. Dinámica de la Regeneración Natural del Bosque Degradado de la URAI

Para registrar la regeneración natural (brinzales) se adaptó con ligeros cambios lo estipulado por [32,33]. Se denomina brinzales a las plántulas cuya altura oscila entre 0,30 y 1,5 m. Las mediciones se realizaron con una baliza de tres metros previamente numerada se midió la altura total y se contabilizó su presencia por parcelas.

Latizales son aquellos individuos cuya altura es superior a 1,5 m a 8 m de altura total y con un diámetro menor a 10 cm. En esta categoría se determinó la familia y en algunos se llegó hasta especie, se estimó la altura, se midió diámetro a 1,3 m de altura, y en los individuos con un fuste inferior a 1,30 se midió el diámetro a 10 cm del suelo (Tabla 6) para las categorías y tamaños de la muestra.

Tabla 6. Categorías y tamaños de las muestras para evaluar la sucesión ecológica y la dinámica de la regeneración natural del bosque degradado de la URAI.

Categorías	Dimensiones del individuo	Tamaño de la muestra	Cantidad
Latizal	Diámetro 10< y de 1.5 cm a 8 m altura	5 x 5 m	15
Brinzal	0.30 cm a 1.5 m altura	1 x 1 m	15

2.4. Propuesta Piloto de Restauración Ecológica Para el Bosque Degradado de la URAI

La propuesta piloto de restauración ecológica se realizó siguiendo metodologías propuestas por [34,35]. Este enfoque se basa en un análisis detallado del estado actual del ecosistema, considerando las características específicas del bosque de la URAI (Figura 5). Esto incluye un inventario detallado de las especies vegetales. Además, las especies serán seleccionadas no solo por su capacidad de establecerse en las condiciones actuales del sitio, sino también por su rol en la mejora de la salud del ecosistema a largo plazo. A su vez el diseño de siembra incorporará prácticas que respeten y potencien la regeneración natural [6,36]. Esto implica evitar la plantación en sitios donde hay plántulas en crecimiento.

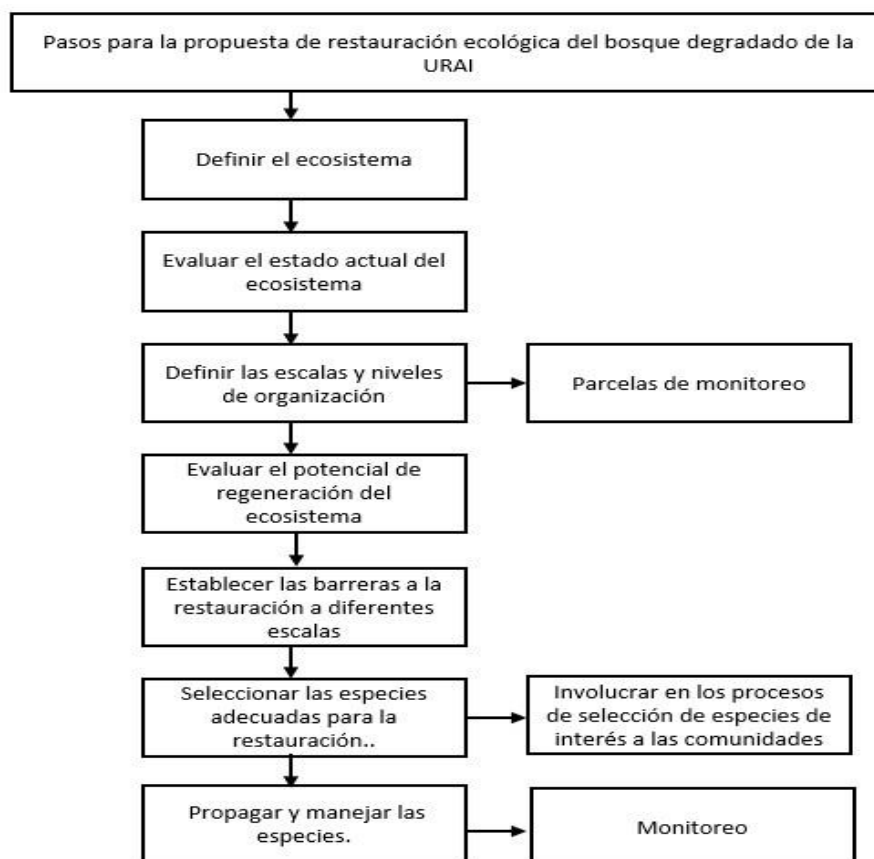


Figura 5. Esquema de la propuesta piloto para la restauración ecológica del bosque degradado de la URAI.

3. RESULTADOS

3.1. Resultados del Análisis de la Estructura y Composición de Bosque Degradado de la URAI

En las tres parcelas establecidas en el bosque degradado de la URAI, se registró un total de 328 árboles con un DAP igual o mayor a 10 cm y 26 familias. Las familias con un mayor número de especies fueron *Melastomataceae* (85), *Vochysiaceae* (56) *Euphorbiaceae* (39), *Urticaceae* (29), *Fabaceae* (17) y *Salicaceae* (16). En la figura 6 se puede observar el número de especies, familias y número de individuos totales por parcela muestreada.

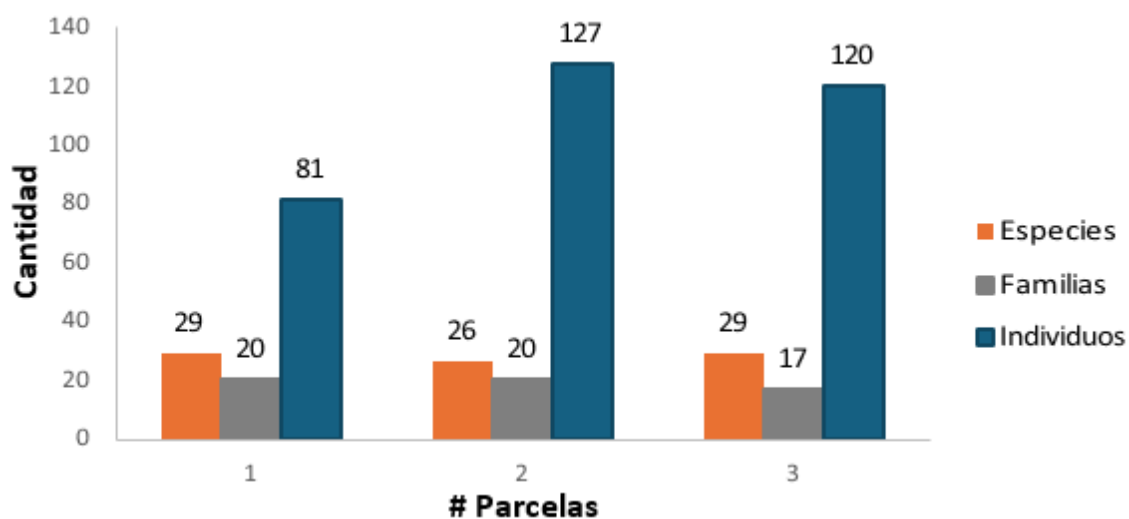


Figura 6. Especies, familias y total de individuos identificados en el bosque degradado de la URAI.

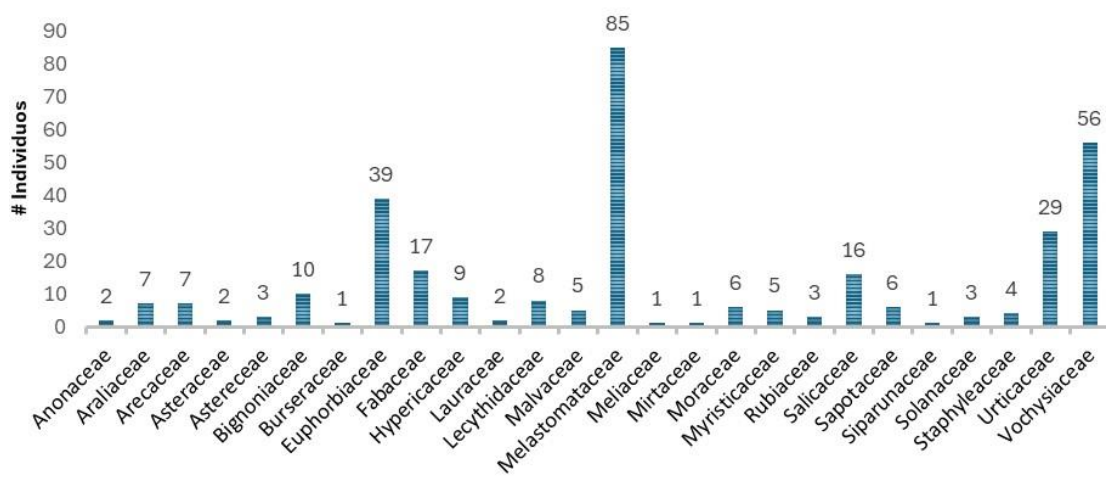


Figura 7. Familias identificadas en el inventario forestal del bosque degradado URAI.

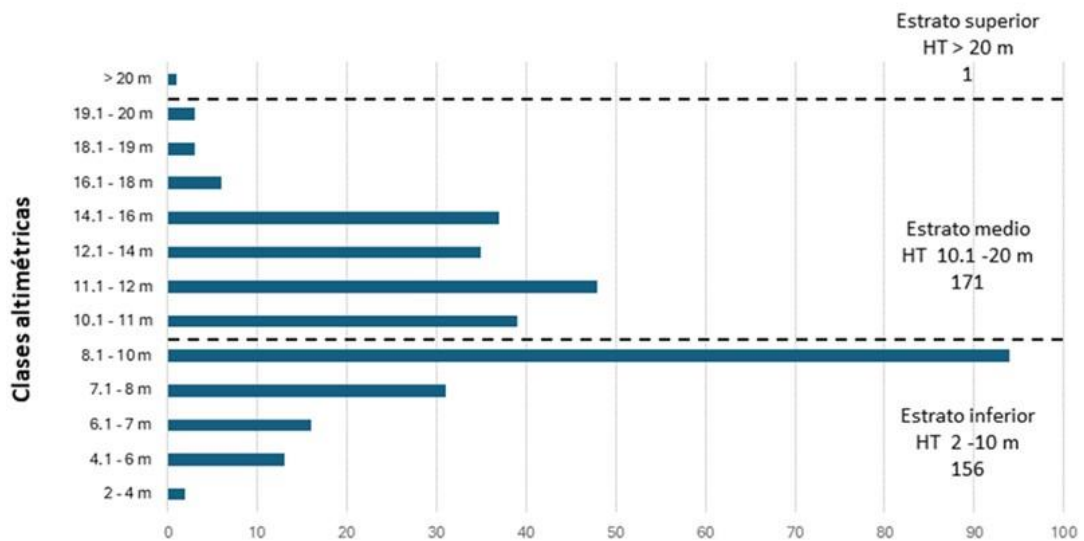


Figura 8. Distribución de individuos por clases altimétricas en el bosque degradado de la URAI.

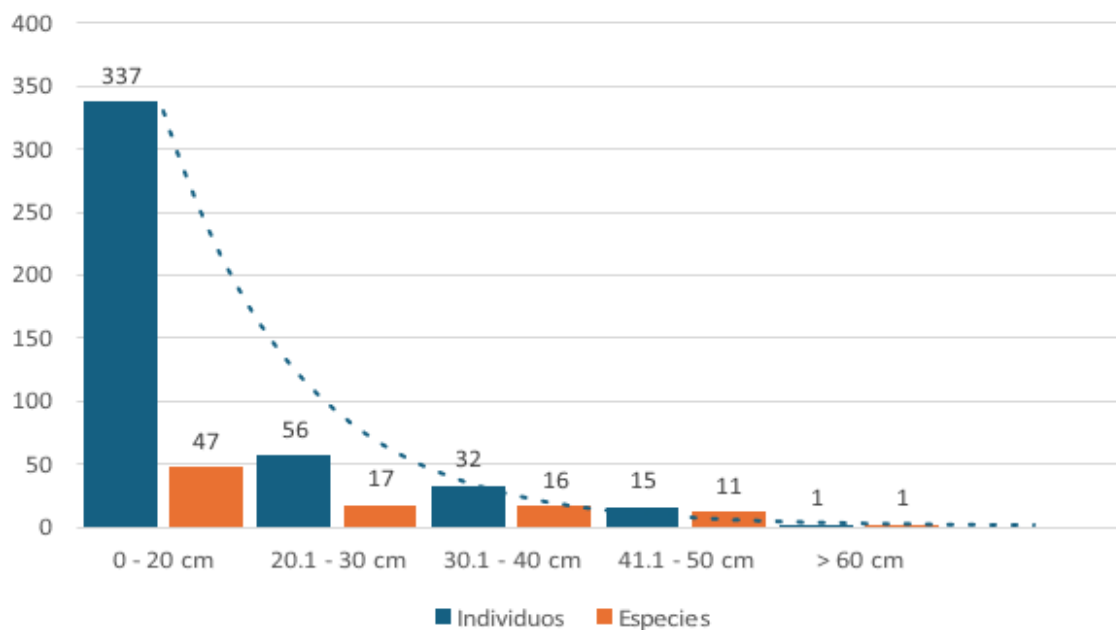


Figura 9. Distribución de individuos por clases diamétricas con sus respectivas especies identificadas del bosque degradado de la URAI.

3.1.1. Resultados de Índices de Diversidad Ecológica

Se calcularon los índices de diversidad ecológica tras organizar y analizar la información recolectada en el bosque degradado de la URAI. Estos índices proporcionan una medida cuantitativa de la variedad y la abundancia de especies. La intensidad de muestreo indica que los índices de diversidad obtenidos fueran representativos de la biodiversidad del bosque degradado. Los resultados de los índices de diversidad de Shannon y Simpson, los índices de Bray-Curtis proporcionan una visión integral de la biodiversidad y la estructura del del bosque degradado de la URAI.

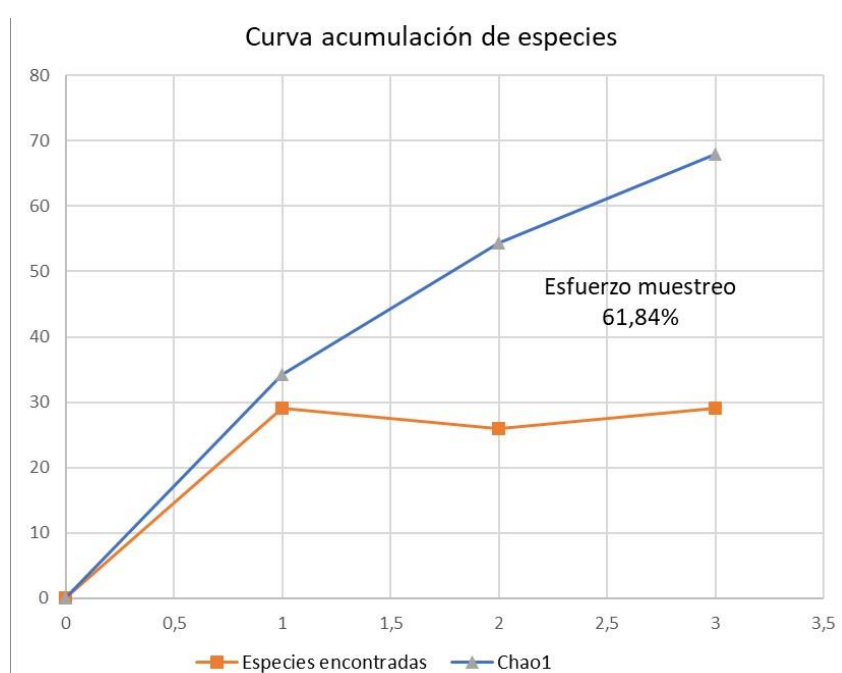


Figura 10. Curva de acumulación de muestreo

Tabla 7. Resultados del índice de Bray – Curtis utilizado para medir la disimilitud entre las tres parcelas muestreadas en el bosque degradado de la URAI.

Sitios	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Parcela 1	1	0,55	0,53
Parcela 2	0,55	1	0,67
Parcela 3	0,53	0,67	1

Tabla 8. Índices de valor de importancia ecológica del bosque degradado de la URAI.

<i>Índices de diversidad</i>	<i>Parcela 1</i>	<i>Parcela 2</i>	<i>Parcela 3</i>
<i>Shannon Wiener</i>	3.05	2.88	2.95
<i>Simpson</i>	0.75	0.67	0.73

Cálculo de abundancia, dominancia, y frecuencia (Tabla 9), lo cual es esencial para conocer el índice de valor de importancia y evaluar la importancia relativa de las especies dentro del bosque degradado de la URAI.

Tabla 9. Índices de valor de importancia IVI calculado para las especies inventariadas en el bosque degradado de la URAI

Especies	Abundancia	Dominancia	AR	DR	IVI
<i>Vochysia bracceliniae</i>	56	3,08	17,07	24,49	15,07
<i>Miconia sp</i>	29	0,80	8,84	6,37	6,29
<i>Alchornea glandulosa</i>	28	0,55	8,54	4,35	5,51
<i>Miconia bubalina</i>	24	0,28	7,32	2,22	4,40
<i>Miconia trinervis</i>	22	0,28	6,71	2,22	4,19
<i>Jacaranda copaia</i>	10	0,66	3,05	5,26	3,99
<i>Alchornea latifolia</i>	10	0,60	3,05	4,79	3,83
<i>Pourouma minor</i>	9	0,51	2,74	4,04	3,48
<i>Tetrathylacium macrophyllum</i>	16	0,24	4,88	1,87	3,47
<i>Chrysophyllum venezuelanense</i>	6	0,59	1,83	4,67	3,39
<i>Gustavia macaranensis</i>	7	0,69	2,13	5,51	3,36

3.2. Resultados Evaluación de la Sucesión Ecológica y Dinámica de la Regeneración Natural Bosque Degradado de la URAI

3.2.1. Evaluación de la Sucesión Ecológica del Bosque Degradado de la URAI

Las familias más comunes identificadas en el área de estudio se compararon con las reportadas por diversos investigadores, esta información ayudará a entender en qué etapa de sucesión se encuentra el bosque degradado de la URAI.

Tabla 10. Familias y estado de sucesión ecológica en el cual están más presentes

Investigador	Estadio sucesional	Familias del Bosque degradado URAI
Mariscal, A., Tigabu, M., Savadogo, P., & Odén, P. C.	Temprana Inicial	Piperaceae, Melastomataceae
Villa, P. M., Martins, S. V., Rodrigues, A. C., Safar, N. V. H., Bonilla, M. A. C., & Ali, A.	Temprana e intermedia	Melastomataceae Euphorbiaceae, Urticaceae, Fabaceae, Salicaceae y Vochysiaceae.
Dahik, C. Q., Marín, F., Arias, R., Crespo, P., Weber, M., & Palomeque, X.	Temprana e intermedia	Melastomataceae, Vochysiaceae, Euphorbiaceae, Urticaceae, Fabaceae, Salicaceae y Arecaeae
Wen, Y., Chen, C., He, B., & Lu, X.	Temprana e intermedia	Urticaceae, Fabaceae y Arecaeae
Maldonado, G.	Temprana e intermedia	Urticaceae, Fabaceae y Arecaeae

3.2.2. Dinámica de la Regeneración Natural del Bosque Degradado de la URAI

Los resultados del análisis de la regeneración natural de latizales y brinzales indican un total de 206 individuos registrados (Tabla 11).

Tabla 11. Abundancia de individuos por categoría de regeneración.

# Parcela	Latizal	Brinzal	Total
1	57	17	74
2	63	16	79
3	37	16	53
Total	157	49	206

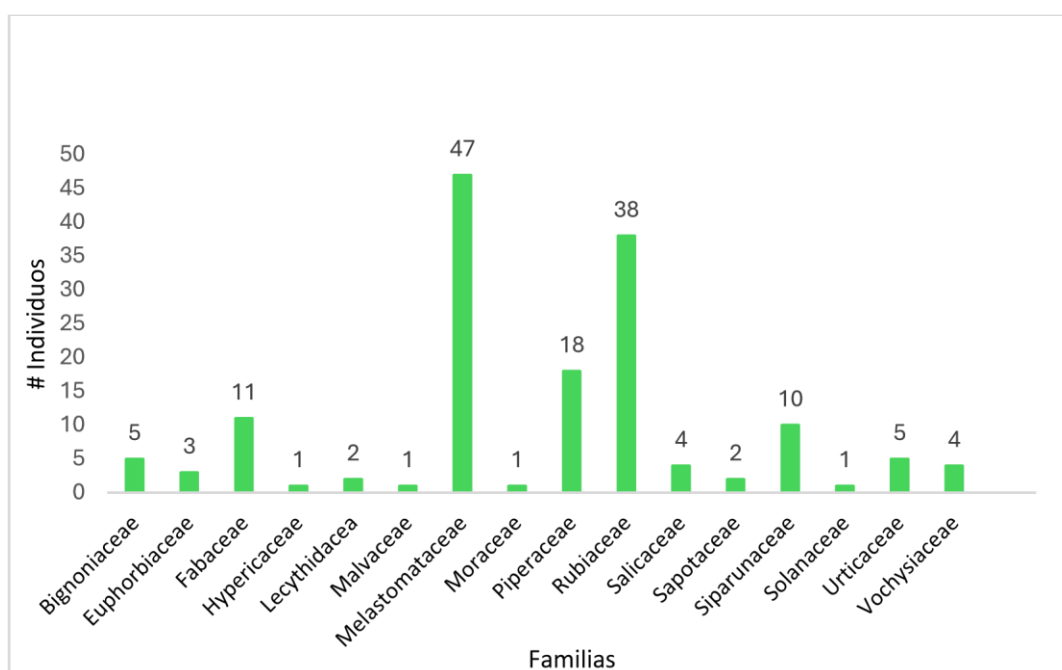


Figura 11. Número de individuos y familias presentes en las categorías latizal del bosque degradado de la URAI.

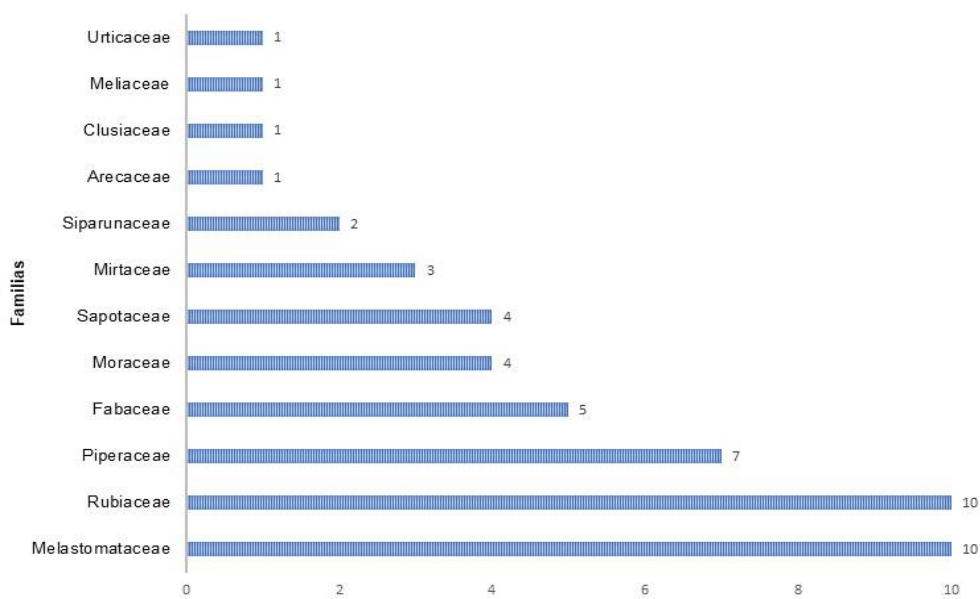


Figura 12. Número de familias presentes en la categoría brinzales que se encontraron el bosque degradado de la URAI.

3.3. Propuesta Piloto de Restauración Ecológica

El ecosistema de referencia que se utilizó como guía para la propuesta de restauración se ubica en la Reserva Biológica Colonso Chalupas [4]. Para diagnosticar el ecosistema que se propone restaurar y conocer el estado de la regeneración natural se lo realizó mediante el establecimiento de parcelas metodología detallada en esta investigación. Las barreras de restauración consideradas en esta propuesta incluyen la realización de un raleo con el objetivo de reducir la competencia por la luz solar. Para la selección de especies, se sugiere seguir las recomendaciones presentadas en la (Tabla 11). En cuanto al esquema de siembra se plantea lo dispuesto en la (Figura 13), además se sugiere que los hoyos tengan las siguientes dimensiones de 30 cm de diámetro y 30 cm de profundidad. Para evaluar los avances del enriquecimiento forestal se plantea realizar monitoreo cada 6 meses en los cuales se registre variables como Supervivencia (Plantas y regeneración natural), crecimiento altura total y condiciones fitosanitarias. El monitoreo cada 6 meses es para identificar oportunamente la mortalidad de las plántulas y poder realizar la reposición a tiempo.

Para potenciar la diversidad ecológica e incentivar la regeneración natural, la técnica de enriquecimiento forestal se presenta como una estrategia efectiva [4,9,15]. Este enfoque contribuye a la recuperación del bosque, restaurando su composición y estructura mediante la introducción de especies que favorecen y potencian las etapas sucesionales. Además, es importante evitar la plantación directa en áreas donde ya hay plántulas en crecimiento, y en su lugar, realizar un raleo cuidadoso. El raleo consiste en la eliminación selectiva de competencia herbácea o arbustiva que podría inhibir el crecimiento de estas plántulas naturales. Esta técnica permite que las especies autóctonas que ya han comenzado su proceso de regeneración continúen desarrollándose de manera natural, manteniendo así la diversidad genética y la resiliencia del ecosistema.

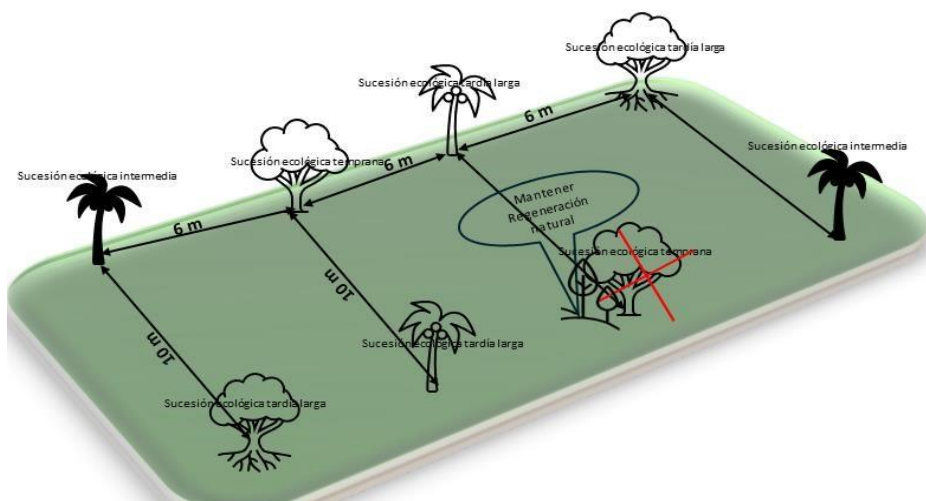


Figura 13. Esquema de plantación de especies forestales considerando que dichas especies enriquezcan al bosque tanto en las etapas de sucesión ecológica como en estructura y composición.

La información para la elaboración de esta tabla se fundamenta en las investigaciones realizadas por [4,13,37].

Tabla 12. Especies que considerar en la propuesta piloto para la restauración ecológica del bosque degradado de la URAI.

<i>Familia</i>	<i>Nombre Científico</i>	<i>Estado de sucesión</i>
<i>Myristicaceae</i>	<i>Virola elongata</i>	Tardío Largo
	<i>Otoba glycyarpa</i>	
	<i>Virola pavonis</i>	
<i>Meliaceae</i>	<i>Guarea glabra</i>	Intermedia y Tardía larga
	<i>Swietenia macrophylla</i>	
	<i>Cedrela odorata</i>	
<i>Lauraceae</i>	<i>Ocotea javitensis</i>	Intermedia y Tardía larga
	<i>Nectandra sp</i>	
<i>Fabaceae</i>	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	Intermedia y Tardía larga
	<i>Bálsamo myroxylon</i>	
<i>Arecaceae</i>	<i>Astrocaryum murumuru</i>	Intermedia y Tardía larga
	<i>Oenocarpus bataua</i>	
<i>Olacaceae</i>	<i>Minquartia guianensis</i>	Tardía larga

4. DISCUSIÓN

4.1. Estructura y Composición del Bosque Degradado de la URAI

La investigación sobre la composición florística del bosque degradado de la Universidad Regional Amazónica Ikiam, registró un total de 328 individuos, 26 familias y 42 especies (Figura 6), se reportaron resultados similares en un inventario de bosque secundario [38]. Con respecto a las familias más dominantes que fueron Melastomataceae, Vochysiaceae, Euphorbiaceae, Urticaceae, Fabaceae y Salicaceae, algunas de estas familias fueron reportadas entre las más frecuentes en bosques de tierras bajas de la amazonia ecuatoriana [39,40]. La mayoría de las familias son conocidas por su capacidad de colonizar rápidamente áreas perturbadas [41], y su adaptación a una variedad de condiciones ambientales, características típicas de las etapas sucesionales tempranas de

bosques. Estas especies juegan un papel crucial en la recuperación de la cobertura vegetal de los bosques [12].

Los resultados sobre la estructura del bosque degradado en la URAI revelaron similitudes con investigaciones previas, que indican que la mayor concentración de individuos se encuentra en diámetros de 10 a 20 cm [42], Sin embargo, el mismo estudio menciona que cerca de 40 árboles superaron los 24 metros de altura, lo cual contrasta con los resultados de esta investigación, donde solo se registró un individuo que superó los 20 metros de altura. Estas diferencias en la estructura del bosque sugieren variaciones significativas en los procesos de sucesión y el estado de degradación del ecosistema estudiado.

Los resultados de esta investigación sobre las clases diamétricas son similares a los reportados por Paredes y Esparza [39,42], observándose una mayor concentración de individuos en las primeras clases diamétricas. La presencia de más individuos en las primeras clases diamétricas indica que los procesos de regeneración y crecimiento en estas zonas son prolongados y que es algo propio de los bosques secundarios [43].

En esta investigación pocos individuos sobrepasan el diámetro a la altura del pecho (DAP) de 60 cm (Figura 9), lo que refleja un nivel significativo de perturbación y degradación del bosque. En contraste, en un bosque mejor conservado [37], se registraron DAP de hasta 90 cm, indicando una mayor estabilidad y madurez ecológica. En este estudio, se registró un total de 337 individuos en la clase de 0 – 20 (Figura 8). Este patrón sugiere que el bosque se encuentra en etapas iniciales de sucesión [13], Además, las especies que más se concentran en esa clase son especies del género *Miconia*, *Coffea arabica* y especies del género *Piper* (Figura 9), lo cual es un indicador importante del estado y la dinámica de regeneración del ecosistema.

4.1.1. Análisis de Índices de Diversidad Ecológica

En cuanto a la intensidad de muestreo el porcentaje fue de 61.84, (Figura 10) lo que significa que los datos registrados son significativos para comprender la estructura y composición del bosque [12]. Según el índice de disimilitud de Bray-Curtis, se observó que las parcelas 2 y 3 relativamente exhiben una mayor similitud entre sí (Tabla 6). Con respecto al índice de Shannon los valores son similares (Tabla 7) con el estudio de la ref. [44], indicando una diversidad de especies variada. Los valores para el índice de Simpson en esta investigación son bajos (Tabla 7) en comparación con lo reportado en las investigaciones de la Ref [4,37], valores de 0.98. Lo que indica que el bosque degradado de la URAI tiene una baja diversidad de especies.

Para el bosque degradado de la URAI las especies con el mayor valor de índice de importancia (Tabla 8) son *Vochysia brasiliensis*, *Miconia sp* y *Alchornea glandulosa*. Estos resultados difieren con los encontrados [37] en la cual las especies con el mayor valor fueron *Otoba glycyarpa*, *Iriartea deltoidea* y *Ocotea sp*. En investigaciones de bosques primarios las especies con (IVI) más alto son *Otoba glycyarpa*, *Iriartea deltoidea* y *Guarea kunthiana* [4]. Esta discrepancia en las especies predominantes puede atribuirse a que los bosques analizados en ambas investigaciones se encuentran en diferentes etapas de sucesión ecológica [13]

4.2. Sucesión Ecológica y Regeneración Natural del Bosque Degradado de la URAI

4.2.1. Evaluación de la Sucesión Ecológica del Bosque Degradado de la URAI

La familia *Piperaceae* destaca la relevancia en la regeneración natural de los bosques nubosos, señalando su alta diversidad y abundancia en las etapas de sucesión temprana, cruciales para la estructura y el funcionamiento de estos ecosistemas [21]. Otra familia que es muy frecuente en las sucesiones tempranas de los bosques es *Melastomataceae* [29]. Cuando los bosques están en sucesiones avanzadas o clímax, la abundancia de especies se En bosques que han alcanzado etapas avanzadas de sucesión o el estado

clímax, la abundancia de especies se encuentra predominantemente dentro de las familias *Myristicaceae*, *Arecaceae* y *Lauraceae* [4,37].

El análisis de las familias vegetales encontradas indica que el bosque degradado de la URAI (Tabla 9) se encuentra en una etapa de sucesión intermedia inicial [12,13,29]. Esta conclusión se basa en la identificación y comparación de las familias más comunes con las reportadas en otras investigaciones similares [9,31]. La presencia de especies pioneras y de especies que típicamente colonizan áreas perturbadas sugiere que el ecosistema está avanzando hacia la recuperación [43], pero aún no ha alcanzado un estado de sucesión avanzado o clímax.

4.2.2. Dinámica de la Regeneración Natural del Bosque Degradado de la URAI

En relación con la regeneración natural, en esta investigación se registró una abundancia significativa de individuos en la categoría de latizales, con un total de 157 individuos (Tabla 6). En estudios similares reportaron un total de 30 individuos en la categoría de latizales [44]. Sin embargo, estos resultados difieren de los obtenidos en las Ref. [45–47], quienes en sus estudios encontraron que la categoría de brinzales fue la más abundante, superando los 300 individuos, mientras que en esta investigación se registraron un total de 49 individuos en dicha categoría.

El bosque degradado de la Universidad Regional Amazónica Ikiam en términos de composición, estructura y regeneración natural, presenta una baja diversidad y una limitada regeneración natural característico de bosques altamente degradados, está dominado por la presencia de especies pertenecientes a la familia *Melastomataceae* y *Rubiaceae* (Figura 10 y 11) siendo esta última, una especie (Café) que puede limitar la regeneración de especies forestales nativas debido a la creación de un microclima que favorece al café sobre las especies nativas [48]. Además, las especies (café) de la familia *Rubiaceae* pueden tener impactos significativos en la regeneración forestal debido a la competencia por recursos como luz, agua y nutrientes [48]. Estos hallazgos coinciden con investigaciones donde monitorearon parcelas en diferentes estadios sucesionales y

con diversos grados de intervención antrópica [3,13]. Resultados similares fueron obtenidos por Finegan y Chazdon [9,12], quienes han pasado décadas estudiando las dinámicas por las que atraviesan los bosques tropicales para alcanzar el equilibrio o estado clímax.

Los bosques tienen la capacidad intrínseca de regenerarse por sí mismos [32,49], un proceso natural que ha ocurrido durante millones de años. Sin embargo, el problema radica en el tiempo que estos ecosistemas necesitan para recuperarse completamente, especialmente después de perturbaciones significativas [50]. Debido a la urgencia de restaurar la biodiversidad y las funciones ecológicas de los bosques, una alternativa viable para acelerar estos procesos es la restauración ecológica [6,35]. Estas acciones pueden catalizar la regeneración, promoviendo la recuperación de la estructura y función del bosque en un período de tiempo más corto.

4.3. Especies Claves para la Propuesta Piloto de Restauración Ecológica

Para realizar la selección de especies claves para el enriquecimiento forestal se compararon la abundancia, riqueza y composición florística con la información del ecosistema de referencia [4]. También se complementa con investigaciones similares y que a su vez ayuden a entender la contribución de las especies a los estadios sucesionales [13,16,37]. Otro factor importante a tener en cuenta es la ecología de las especies, ya que algunas son heliófilas o esciófitas, lo cual es crucial para preparar adecuadamente el sitio donde se plantarán las especies [51]. Adicionalmente es recomendable contar con la participación de las comunidades en el proceso de selección de plantas, para incorporar especies de interés social y valor cultural [21,31].

En los proyectos de restauración ecológica la disponibilidad de plántulas es esencial [52]. Es cuando los viveros juegan un papel crucial en la investigación y práctica de la restauración ecológica. Permiten la selección precisa de especies y la propagación de individuos con características genéticas ideales, fundamentales para asegurar la adaptabilidad de las plantas al entorno de restauración y su resistencia a enfermedades

[35]. Además, la eficiencia temporal de los viveros facilita la producción masiva de plantas en períodos cortos, agilizando significativamente el proceso de restauración y promoviendo una rápida cobertura vegetal en las áreas intervenidas.

5. CONCLUSIONES

El establecimiento de parcelas proporcionó una manera efectiva para recopilar información detallada sobre la dinámica actual del bosque degradado en la Universidad Amazónica Ikiám. El registro de un total de 534 individuos distribuidos en diversas categorías permitió identificar patrones significativos en la composición florística y estructural del área estudiada. Las familias predominantes en el estrato arbóreo fueron Melastomataceae, Vochysiaceae y Euphorbiaceae, siendo indicativas de etapas de sucesión temprana en el proceso de regeneración del bosque.

El análisis de las clases diamétricas y altimétricas del bosque degradado de la URAI reveló que la regeneración natural está principalmente compuesta por familias que típicamente contribuyen a los estratos medios del bosque. Este patrón sugiere que las especies que están colonizando y desarrollándose activamente en el área estudiada están bien adaptadas a las condiciones específicas del bosque en proceso de recuperación. Destacan la importancia de monitorear y fomentar estrategias de manejo para que el bosque aumente la diversidad vegetal.

Realizar este inventario forestal permitió tener información precisa sobre la composición y estructura del bosque, lo cual proporciona una base sólida para la toma de decisiones informadas. Dicha información permitió proponer un diseño de restauración ecológica mediante el enriquecimiento forestal. Sin datos confiables, cualquier intento de restauración podría ser ineficaz o contraproducente.

Entre las limitaciones de esta investigación se encontró el aspecto económico, ya que la realización del inventario requiere personal capacitado y profesionales botánicos para la identificación de especies forestales. Esto impidió la implementación de un mayor número de parcelas para el inventario. Además, el tiempo necesario para la recolección y sistematización de la información fue considerable. También se enfrentaron condiciones adversas, como fuertes lluvias, que dificultaron el trabajo de campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Costemalle VB, Candido HMN, Carvalho FA. An estimation of ecosystem services provided by urban and peri-urban forests: a case study in Juiz de Fora, Brazil. *Ciencia Rural*. 2023;53. doi:10.1590/0103-8478cr20210208
- UNEP. UN Environment Programme (UNEP); Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *The State of the World's Forests: Forests, Biodiversity and People*; UNEP: Rome, Italy, 2020. 2020.
- Eguiguren P, Fischer R, Günter S. Degradation of ecosystem services and deforestation in landscapes with and without incentive-based forest conservation in the Ecuadorian Amazon. *Forests*. 2019;10. doi:10.3390/f10050442
- Maza B, Rodes-Blanco M, Rojas E. Aboveground Biomass Along an Elevation Gradient in an Evergreen Andean–Amazonian Forest in Ecuador. *Frontiers in Forests and Global Change*. 2022;5: 1–10. doi:10.3389/ffgc.2022.738585
- Kleemann, Zamora C, Villacis-Chiluisa AB, Cuenca P, Koo H, Noh JK, . . . , et al. Deforestation in continental Ecuador with a focus on protected areas. *Land*, 11(2), 268. *Science* (1979). 2022;356: 531–533. Available: papers3://publication/uuid/FB750DBC-0865-4EE5-BD7E-EDCFB1FE35EF
- Freire JM, Romano IS, de Souza MV dos SC, Garofolo ACS, Filho TBS. Forest Seedlings Supply for Restoration of the Atlantic Forest in Rio de Janeiro, Brazil. *Floresta e Ambiente*. 2022;29. doi:10.1590/2179-8087-FLORAM-2021-0058
- Vieira A, Biologist Q, Coelho MS, Almada ED, Quintino A V, Fernandes GW. Marcel S. Coelho, Emmanuel D. Almada, André V. Quintino, Geraldo W. Fernandes, Rubens M. Santos, G. Arturo SÁnchez-Azofeifa y Mário M. D. Espírito Santo. (2012). *Composición florística y estructura de un bosque seco tropical en diferentes etapas sucesionales en la Sierra de Espinhaço, sureste de Brasil*. 2012.
- Aguilar MJD, Schmitt CB. *Integration of Remote Sensing Techniques and Information on Ecosystem Services to Measure Tropical Forest Degradation: A Case Study from the Tropical Rain Forest of Ecuador*. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau; 2017.
- Finegan B. Pattern and process in neotropical secondary rain forests: the first 100 years of succession. *Trends Ecol Evol*. 1996;11: 119–124.
- Gunawam H. Suksesi sekunder hutan terganggu bekas perambahan di Taman Nasional Gunung Ciremai, Jawa Barat. *Masyarakat Biodiversitas Indonesia*; 2015. doi:10.13057/psnmbi/m010709
- Botero RB, Morera Beita A, Russo R. *Restauración funcional del paisaje rural: manual de técnicas*. 2016. Available: <https://www.researchgate.net/publication/307547614>
- Chazdon RL. *Second growth: the promise of tropical forest regeneration in an age of deforestation*. University of Chicago Press; 2019.

- Villa PM, Martins SV, Rodrigues AC, Safar NVH, Bonilla MAC, Ali A. Testing species abundance distribution models in tropical forest successions: implications for fine-scale passive restoration. *Ecol Eng.* 2019;135: 28–35.
- Marnillod D. La red de parcelas permanentes de medición forestal en plantaciones, bosque natural latifoliado y de coníferas en Guatemala (Diagnóstico del estado actual). 2012. Available: www.catie.ac.cr
- Lebrija-Trejos E, Meave JA, Poorter L, Pérez-García EA, Bongers F. Pathways, mechanisms and predictability of vegetation change during tropical dry forest succession. *Perspect Plant Ecol Evol Syst.* 2010;12: 267–275.
- Ruíz J, Vargas O, Rodríguez N. Restoration priorities: Integrating successional states and landscape resilience in tropical dry forest compensation projects in Colombia. *Applied Geography.* 2023;157: 103021.
- Hall M. Enrichment planting of late-successional plant species within restored urban forests (Doctoral dissertation, The University of Waikato). 2020.
- Forbes AS, Wallace KJ, Buckley HL, Case BS, Clarkson BD, Norton DA. Restoring mature phase forest tree species through enrichment planting in New Zealand's lowland landscapes. *N Z J Ecol.* 2020;44. doi:10.20417/nzj ecol.44.10
- Trimanto T, Hapsari L, Budiharta S. Integrating indicators of natural regeneration, enrichment planting, above-ground carbonstock, micro-climate and soil to asses vegetation succession in postmining reclamation intropical forest. *Turk J Botany.* 2021;45: 457–467.
- Balée W, Swanson T, Zurita-Benavides MG, Macedo JCR. Evidence for landscape transformation of ridgetop forests in amazonian Ecuador. *Latin American Antiquity.* 2023;34: 842–856.
- Mariscal A, Tigabu M, Savadogo P, Odén PC. Regeneration status and role of traditional ecological knowledge for cloud forest ecosystem restoration in ecuador. *Forests.* 2022;13: 92. Ikiam. Mapa de zonificación de la Universidad
- Ikiam. Plan estratégico de desarrollo institucional 2022 Recuperado en: <https://www.ikiam.edu.ec/wp-content/uploads/2023/02/Plan-Estrategico-de-Desarrollo-Institucional-2022-2025-vigente.pdf>
- Ikiam. Mapa de zonificación de la Universidad Regional Amazónica Ikiam. 2019. Recuperado en: <https://www.ikiam.edu.ec/index.php/coordinacioninvestigacioninnovacion/laboratorios-de-investigacion/laboratorio-vivo/>
- Ikiam. Laboratorio de servicios hidrometeorológicos. Ikiam. 2023. Recuperado en: <https://www.ikiam.edu.ec/index.php/coordinacioninvestigacioninnovacion/laboratorios-de-investigacion/laboratorio-de-servicios-hidrometeorologicos/>
- Vallejo M, Londoño A, Galeano G. Serie: Métodos para estudios ecológicos a largo plazo establecimiento de parcelas permanentes volumen I. 2005.
- Pérez ÁJ, Hernández C, Romero-Saltos H, Valencia R. Árboles emblemáticos de Yasuní, Ecuador. Escuela de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica del Ecuador; 2014.

- Palacios W. Árboles del Ecuador. Familias y géneros. Universidad Técnica del Norte. Investigador asociado del herbario Nacional del Ecuador. Ibarra: Universidad Técnica del Norte. 2016.
- Jorgensen PM, León S. Catálogo de las plantas vasculares del Ecuador. Missouri Botanical Garden Missouri; 1999.
- Dahik CQ, Marín F, Arias R, Crespo P, Weber M, Palomeque X. Comparison of natural regeneration in natural grassland and pine plantations across an elevational gradient in the páramo ecosystem of southern Ecuador. *Forests*. 2019;10. doi:10.3390/f10090745
- Aguilar-Garavito, M., Ariza, A., Inge, A., Aronson, J., Avella, A., Bernal Castro, E., ... & Zabala, G. (2015). Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres.
- Maldonado, G. (2018). Guía para la restauración de bosques montanos tropicales. *CONDESAN. Quito, Ecuador*.
- Hughes EC, Edwards DP, Sayer CA, Martin PA, Thomas GH. The effects of tropical secondary forest regeneration on avian phylogenetic diversity. *Journal of Applied Ecology*. 2020;57: 1351–1362. doi:10.1111/1365-2664.13639
- Orozco L, & BC. Inventarios forestales para bosques latifoliados en America Central. 2002; 1–264.
- Aguirre Z, Aguirre N. Guía práctica para realizar estudios de comunidades vegetales, Herbario Loja N° 5. Departamento de Botánica y Ecología de la Universidad Nacional de Loja Loja, Ec. 1999.
- Vargas O. Guía Metodológica para la restauración Ecológica del Bosque Alto Andino. Grupo de Restauración Ecológica de la Universidad Nacional de Colombia, Colombia. 2007.
- Schlegel HB, Müller-Using S, Keim H. Ensayo de regeneración natural en bosques del tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe. *Ciencia & Investigación Forestal*. 2022;28: 23–35. doi:10.52904/0718-4646.2022.556
- Ordoñez, Erazo N, Añazco M, Troya B, y Chimarro J. Manejo Forestal Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana, sistematización de experiencias, comunidad Achuar de Kupatas. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica; PROAmazonía; ECOPAR; CEFOVE. S. 2024.
- Ramírez W, Ramos M, Yépez C. Análisis estructural del bosque seco tropical del sector La Pila Vieja en el valle Sancán, XXI Congreso Latinoamericano de Botánica, Asociación Botánica Ecuatoriana, Casa de la Cultura Benjamín Carrión. Asociación Latinoamericana de Botánica, Asociación Botánica Ecuatoriana, Casa de la Cultura Benjamín Carrión E. 2018; 21–27.
- Paredes, Ferro DJ. Estructura arbórea en el bosque secundario de la Estación Biológica Pindo Mirador, Pastaza, Ecuador Tree structure of the secondary forest at the Pindo Mirador Biological Station, Pastaza, Ecuador. 2020. doi:10.22497/arnaldoa.272.27206
- Sánchez VG, García Quintana H, Geada López G, Crespo YA, Rios Obregon J, Rubio JG. Effect of the degree of anthropization in the structure, at three sites fragmented evergreen piedmont forestobliqua. 2017. Available: <http://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/266/html>
- Pérez, Buitrago N, Guío BPA, Mijares SFJ. Jóvenes y aisladas pero diversas: estructura y composición florística de matas de monte en Arauca. *Acta Biolo Colomb*. 2020;25: 280–293.

- Esparza Intriago CA. Estado sucesional de un bosque de tierras bajas en las Parroquias Nueva Loja y Santa Cecilia, Sucumbíos, Ecuador (Master's thesis, Universidad Estatal Amazónica). 2024.
- Günter S, Weber M, Erreis R, Aguirre N. Influence of distance to forest edges on natural regeneration of abandoned pastures: a case study in the tropical mountain rain forest of Southern Ecuador. *Eur J For Res.* 2007;126: 67–75.
- Maryuri A, Moreira K, Jipijapa -Manabí -Ecuador M. Universidad estatal del sur de Manabí facultad de ciencias naturales y de la agricultura carrera de ingeniería forestal trabajo de titulación modalidad proyecto de investigación tema: Evaluación de la Composición y estructura del bosque seco tropical del sector Membrillal del valle Sancán. 2021.
- Gutiérrez JE, Gutiérrez García RE, Chávez Merino IP, Gutiérrez Collao KV, Palomino Santos ER. Análisis de la regeneración natural en cuatro parcelas de medición de un bosque reservado tropical de Tingo María. *Tayacaja.* 2023;6: 87–96. doi:10.46908/tayacaja.v6i2.217
- Tigrero AI. Estado de la regeneración natural en tres áreas del bosque protector Pedro Franco Dávila del recinto "Jauneche", Provincia de Los Ríos, Cantón Palenque, año 2019. 2019.
- Verdesoto CC, Quiroz LM, Piloza DS, González AJ, Archundia GB. Análisis de la regeneración natural de las especies forestales del Jardín Botánico de la Universidad Técnica de Manabí. *Ab Intus.* 2022; 7–17.
- Philpott SM, AWJ, AI, BP, DTV, GC, . . . & ZJM. Biodiversity loss in Latin American coffee landscapes: review of the evidence on ants, birds, and trees. *Conservation Biology*, 22(5), 1093-1105. 2008.
- Mebrat W. Natural Regeneration Practice in Degraded High Lands of Ethiopia Through Area Enclosure. *International Journal of Environmental Protection and Policy.* 2015;3: 120. doi:10.11648/j.ijep.20150305.11
- Ette JS, Ritter T, Vospernik S. Insights in forest structural diversity indicators with machine learning: what is indicated? *Biodivers Conserv.* 2023;32: 1019–1046. doi:10.1007/s10531-022-02536-0
- Mangueira JR, Holl KD, Rodrigues RR. Enrichment planting to restore degraded tropical forest fragments in Brazil. *Ecosystems and People.* 2019;15: 3–10. doi:10.1080/21513732.2018.1529707
- Montagnini F, Eibl B, Grance L, Maiocco D, Nozzi D. Enrichment planting in overexploited subtropical forests of the Paranaense region of Misiones, Argentina. *For Ecol Manage.* 1997;99: 237–246. doi:https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00209-0

ANEXOS

Anexos A. Número de especies

Especies	# De especies registradas por cada sitio de muestreo			Total
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	
<i>Alchornea glandulosa</i>	7	9	12	28
<i>Alchornea latifolia</i>	3	4	3	10
<i>Bellucia pentamera</i>		3	7	10
<i>Cecropia peltata</i>	2	2	5	9
<i>Cecropia sciadophylla</i>	3	2	3	8
<i>Cecropia sp</i>	2	1		3
<i>Cedrela sp</i>			1	1
<i>Ceiba sp</i>			1	1
<i>Chrysophyllum venezuelanense</i>	2	3	1	6
<i>Coffea arabica</i>	3			3
<i>Croton lechleri</i>	1			1
<i>Eugenia sp</i>		1		1
<i>Fabaceae sp</i>			1	1
<i>Ficus sp</i>			1	1
<i>Grias neuberthii</i>			1	1
<i>Gustavia macaranencis</i>		2	5	7
<i>Inga edulis</i>	1	8		9
<i>Inga sp</i>			3	3
<i>Iriartea deltoidea</i>	1	3	3	7
<i>Jacaranda copaia</i>	1	4	5	10
<i>Lauraceae sp</i>		1		1

<i>Miconia bubalina</i>	10	8	6	24
<i>Miconia sp</i>	4	13	12	29
<i>Miconia trinervis</i>	5	9	8	22
<i>Moraceae sp</i>	3		2	5
<i>Otoba glycyarpa</i>			5	5
<i>Parkia sp</i>	1		3	4
<i>Persea sp</i>	1			1
<i>Piptocoma discolor</i>		5		5
<i>Pourouma minor</i>	2	4	3	9
<i>Protium sp</i>	1			1
<i>Rollinia mucosa</i>	1	1		2

<i>Schefflera morototoni</i>	1	4	2	7
<i>Siparuna thecaphora</i>	1			1
<i>Solanum altissimum</i>		2		2
<i>Solanum lycocarpum</i>	1			1
<i>Tetrathylacium macrophyllum</i>	9	5	2	16
<i>Theobroma bicolor</i>	1	2		3
<i>Theobroma cacao</i>	1			1
<i>Turpinia occidentalis</i>	2	1	1	4
<i>Vismia baccifera</i>	3	1	5	9
<i>Vochysia bracediniae</i>	8	29	19	56
Total	81	127	120	328

Anexo B

Pasos para la propuesta de restauración ecológica del bosque degradado de la URAI

Para elaborar la propuesta pilotos se empleó la siguiente bibliografía [1–3], la cual consta con pasos fundamentales para realizar propuestas de restauración. Al restaurar bosques degradados, se crean condiciones que permiten el regreso de especies nativas, ayudando a restablecer el equilibrio ecológico y promover la diversidad biológica. Además, las actividades de restauración contribuyen a aumentar la capacidad del ecosistema para capturar y almacenar carbono.

1. Definición del Ecosistema de Referencia

Para iniciar el proceso de restauración, es crucial identificar el ecosistema de referencia que servirá como modelo. Este ecosistema se ubica en la Reserva Biológica Colonso Chalupas entre 373 – 394 m.s.n.m, conocido como bosques de tierras bajas Napo-Curaray. Este bosque representa las condiciones históricas y ecológicas ideales hacia las cuales se dirige el esfuerzo de restauración.

2. Evaluación del Estado Actual del Ecosistema

Una evaluación exhaustiva del estado actual del ecosistema degradado es necesaria para identificar los problemas específicos y la magnitud de la degradación. Para lo cual se establecieron tres parcelas en el bosque degradado de la URAI y mediante un inventario forestal se determine cuáles son las familias que están dominando el bosque. Dicha información se encuentra a detalle en esta tesis.

3. Definición de Escalas y Niveles de Organización

Establecer las escalas y niveles de organización es esencial para planificar adecuadamente las acciones de restauración. Esto implica determinar las unidades de

gestión y los niveles jerárquicos de organización, desde (parcelas individuales) hasta la macroescala (paisaje completo).

4. Logro de la Participación Comunitaria

La participación de la comunidad local es vital para el éxito a largo plazo del proyecto de restauración. Involucrar a los residentes. Para lo cual se deberá realizar un mapeo de las comunidades que están alrededor del bosque degradado de la URAI.

5. Evaluación del Potencial de Regeneración del Ecosistema

Evaluar la capacidad del ecosistema para regenerarse de manera natural es un paso crucial. Esto implica identificar áreas con alta capacidad de regeneración y aquellas que necesitan intervenciones más intensivas. Para evaluar el potencial de regeneración se establecieron 15 parcelas de (1 x 1)m. Todo este proceso se explica en la tesis.

6. Establecimiento de los Tensionantes para la Restauración a Diferentes Escalas

Los tensionantes, o factores limitantes, que impiden la restauración deben ser identificados y abordados. Esta investigación no tuvo este tipo de alcance, por lo cual se recomienda investigar cuales serían las limitantes que tendría la restauración ecológica.

9. Selección de las Especies Adecuadas para la Restauración

Seleccionar las especies vegetales adecuadas es crucial para la restauración. Se deben priorizar especies nativas que sean adaptadas a las condiciones locales y que puedan contribuir a la recuperación del ecosistema. Para lo cual se recomienda que se considere las siguientes especies (Tabla 1).

Tabla 1. Especies para considerar en la propuesta piloto para la restauración ecológica del bosque degradado de la URAI.

Familia	Nombre Científico	Estado de sucesión
Myristicaceae	<i>Virola elongata</i>	Tardío Largo
	<i>Otoba glycyarpa</i>	
	<i>Virola pavonis</i>	
Meliaceae	<i>Guarea glabra</i>	Intermedia y Tardía larga
	<i>Swietenia macrophylla</i>	
	<i>Cedrela odorata</i>	
Lauraceae	<i>Ocotea javitensis</i>	Intermedia y
	<i>Nectandra sp</i>	Tardía larga
Fabaceae	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	Intermedia y
	<i>Bálsamo myroxylon</i>	Tardía larga
Arecaceae	<i>Astrocaryum murumuru</i>	Intermedia y
	<i>Oenocarpus bataua</i>	Tardía larga
Olacaceae	<i>Minquartia guianensis</i>	Tardía larga

Además, para potenciar la diversidad ecológica e incentivar la regeneración natural, la técnica de enriquecimiento forestal se presenta como una estrategia efectiva [4-6]. Este enfoque contribuye a la recuperación del bosque, restaurando su composición y estructura mediante la introducción de especies que favorecen y potencian las etapas sucesionales. El diseño de plantado es importante por lo cual se sugiere el siguiente esquema (Figura 1).

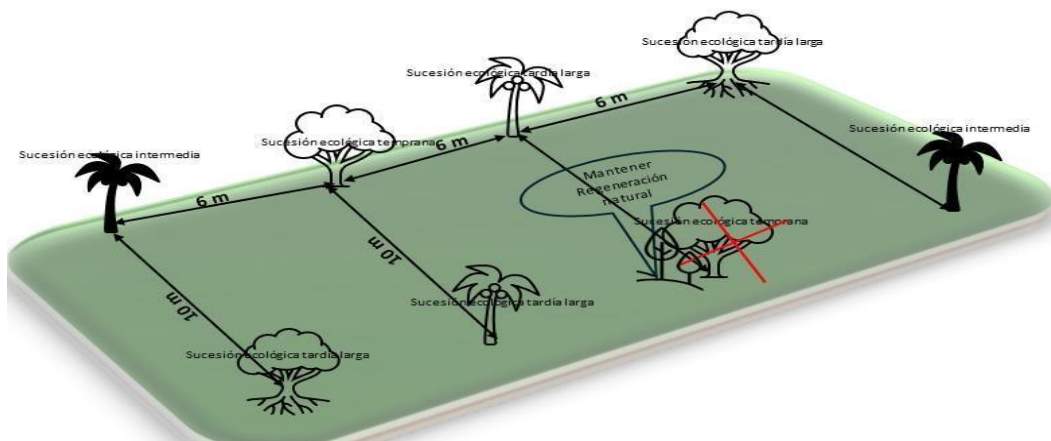


Figura 1. Esquema de plantación de especies forestales considerando que dichas especies enriquezcan al bosque tanto en las etapas de sucesión ecológica como en estructura y composición.

10 Plan de Monitoreo y Evaluación

La propuesta también incluye un plan de monitoreo y evaluación para asegurar el éxito a largo plazo de las acciones de restauración. Este plan debe incluir indicadores específicos de éxito, en los primeros tres años se propone que se evalúe supervivencia, altura total y en los demás años se vayan incorporando más variables como DAP. también recomendamos conocer los rasgos funcionales de las especies (es decir, densidad de la madera, altura) y la contribución relativa de cada especie a las diferentes funciones del ecosistema (es decir, reservas de carbono y biomasa)

Tabla 2. Variables para medir en el monitoreo

Nombre Especie	Supervivencia	Altura total	Herbívora	DAP