

EFFECTIVIDAD DE LAS PERCHAS ARTIFICIALES PARA AVES COMO IMPULSORES
DE LA REGENERACIÓN NATURAL EN BOSQUES TROPICALES



LIZETH DANIELA ALVAREZ REZA



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2024

EFFECTIVIDAD DE LAS PERCHAS ARTIFICIALES PARA AVES COMO IMPULSORES
DE LA REGENERACIÓN NATURAL EN BOSQUES TROPICALES

LIZETH DANIELA ALVAREZ REZA

Estado del arte presentado como requisito para optar al título de Ingeniera Ambiental

Director

Mg. ANGÉLICA MARIA BUSTAMANTE ZAPATA

Magister en desarrollo sustentable y gestión ambiental

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2024

Autoridades Académicas

P. ÁLVARO JOSÉ ARANGO RESTREPO, O.P.

Rector General

P. MAURICIO ANTONIO CORTÉS GALLEGO, O.P.

Vicerrector Académico General

P. JOSÉ ANTONIO BALAGUERA CEPEDA, O.P.

Rector Sede Villavicencio

P. RODRIGO GARCÍA JARA, O.P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Mg. JULIETH ANDREA SIERRA TOBÓN

Secretaria de División Sede Villavicencio

Mag. WILLIAM PEÑARANDA ZÁRATE

Decano de la Facultad de Ingeniería Ambiental

Dedicatoria

A mi abuela materna, Rosalía Bolaños, quien desde el cielo sigue siendo una parte fundamental en mi vida. Me apoyó en mis metas, me motivó a ser mejor persona y me dejó un legado de lucha incansable, enseñándome que todo lo que me propongo lo puedo lograr.

A mi madre, Zoraida Reza Bolaños quien ha sido mi mayor ejemplo de amor, fortaleza y dedicación. Gracias por siempre estar a mi lado, apoyándome en cada paso y motivándome a seguir adelante. Tu sabiduría, nobleza y tu cariño me han moldeado y me han permitido alcanzar todo lo que soy hoy.

Agradecimientos

A la profesora Angélica Bustamante, mi directora, por su compromiso con mi trabajo, su apoyo, orientación y paciencia a lo largo de todo el proceso.

Al profesor Rodrigo Velosa, quien me orientó e impulsó a escoger una temática tan atractiva. Su amplio conocimiento fue importante para estructurar y dar forma a este trabajo.

A mis padres, quienes me han brindado su apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida. Su confianza en mí ha sido una de las principales fuentes de motivación.

A mi novio, Juan David Tunjano, quien ha estado a mi lado desde el principio de la carrera, apoyándome en cada desafío, brindándome su comprensión y motivación constante.

A mis amigas, Gabriela Traslaviña, Laura Agudelo y Angie Viña. Gracias por su amistad, por creer en mí en los momentos de duda, y por las risas que me recordaron que también había espacio para la alegría en medio del esfuerzo. Su compañía fue un pilar fundamental en este camino.

Contenido

	Pág.
Resumen	8
Abstract.....	9
Glosario	10
1. Introducción.....	11
2. Desarrollo estado del arte	15
2.1. Delimitación del problema.....	15
2.2. Características de la muestra documental	16
2.3. Aspectos importantes de las perchas artificiales.....	17
2.3.1 ¿Qué son las perchas artificiales?	17
2.3.2 Factores que influyen en la efectividad de las perchas artificiales	18
2.3.3 Barreras naturales para la germinación de plántulas.....	20
3. Discusión.....	26
3.1. Avances y efectividad de las perchas artificiales.....	26
3.2. Barreras naturales y desafíos en la investigación	27
3.3. Aspectos de mejora para la implementación de perchas artificiales.....	28
Conclusiones.....	30
Recomendaciones	31
Referencias Bibliográficas.....	32

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Resumen de los hallazgos obtenidos con respecto a las perchas artificiales	22
Tabla 2. Tipos de ecosistemas identificados en estudios donde se utilizaron perchas artificiales para aves.....	23
Tabla 3. Variación en los diseños de perchas artificiales reportados en los estudios	24

Resumen

Los bosques tropicales, como ecosistemas ricos en biodiversidad y servicios ecosistémicos, enfrentan graves desafíos debido a la deforestación. Este problema interrumpe procesos ecológicos clave, como la dispersión de semillas, dificultando la regeneración natural. En este contexto, las perchas artificiales para aves han surgido como una herramienta innovadora y de bajo costo para promover la regeneración forestal. El presente estudio tiene como objetivo evaluar la efectividad de las perchas para aves como facilitadoras de la regeneración natural en bosques tropicales y su potencial en la restauración ecológica.

Entre los hallazgos más destacados se encuentra la alta efectividad de las perchas de varas cruzadas, con tasas de dispersión de semillas que oscilan entre el 20% y el 95%, dependiendo de factores como el material de construcción, la proximidad a fuentes de semillas y la adaptación conductual de las aves.

A pesar de estos avances, persisten barreras naturales para el establecimiento de plántulas, tales como la compactación del suelo y la competencia con especies invasoras. Estas limitaciones subrayan la importancia de implementar estrategias complementarias, como la mejora del suelo y el control de especies invasoras, junto con el uso de las perchas. Además, se resalta la necesidad de realizar estudios a largo plazo para evaluar la efectividad y sostenibilidad de las perchas artificiales en el tiempo.

Con base en los resultados del estado del arte, se recomienda ampliar la revisión de la literatura para incluir un análisis más sistemático que examine las interacciones entre aves y ecosistemas degradados. También se sugiere adoptar marcos temporales más amplios en estudios futuros para evaluar los impactos a largo plazo de las perchas. Asimismo, es crucial considerar los contextos locales y regionales, explorando la implementación de perchas en ecosistemas menos estudiados, como bosques montanos o secos. Por último, es fundamental abordar los vacíos de información relacionados con el control de especies invasoras, desarrollando estrategias que integren su manejo en proyectos de restauración que utilicen perchas artificiales.

Palabras Clave: *Restauración ecológica, perchas artificiales, deforestación, regeneración natural, dispersión de semillas*

Abstract

Tropical forests, as ecosystems rich in biodiversity and ecosystem services, currently face serious challenges due to deforestation. This disrupts key ecological processes, such as seed dispersal, hindering natural regeneration. In this context, artificial bird perches have emerged as an innovative and low-cost tool to promote forest regeneration. The present study aims to evaluate the effectiveness of bird perches as facilitators of natural regeneration in tropical forests and their potential contribution to ecological restoration.

One of the most significant findings of this research is the high effectiveness of cross-stick perches, with seed dispersal rates ranging from 20% to 95%, depending on factors such as construction material, proximity to seed sources, and birds' behavioral adaptation.

Despite these advances, natural barriers to seedling establishment persist, including soil compaction and competition with invasive species. These challenges highlight the importance of integrating complementary strategies, such as soil improvement and invasive species control, alongside the use of perches. Additionally, there is a pressing need for long-term studies to assess the effectiveness and sustainability of artificial perches over time.

Based on the state of the art, it is recommended to expand the literature review to include a more systematic analysis that examines the interactions between birds and degraded ecosystems. Future studies should adopt longer timeframes to evaluate the long-term impacts of perches. Furthermore, it is crucial to consider local and regional contexts by exploring the use of perches in less-studied ecosystems, such as montane or dry forests. Lastly, addressing information gaps related to invasive species control is essential, as this would enable the development of strategies that integrate their management into restoration projects using artificial perches.

Key Words: *Ecological restoration, artificial perches, deforestation, natural regeneration, seed dispersal*

Glosario

Biodiversidad: Es la variedad de especies vivas, desde microorganismos hasta grandes animales y plantas, que se encuentran en un ecosistema específico o en todo el planeta (Maclaurin & Sterelny, 2008).

Deforestación: Proceso de eliminación o destrucción de bosques, generalmente causado por actividades humanas como la agricultura, tala de árboles y la urbanización (World Wide Fund for Nature (WWF), 2024).

Especies invasoras: Organismos no nativos de un área que, al establecerse, compiten de manera agresiva con las especies locales, alterando el equilibrio ecológico y afectando negativamente la biodiversidad del área (Goncalves et al, 2019).

Perchas artificiales (P.A.): Son estructuras diseñadas para servir como puntos de descanso para aves, con el objetivo de facilitar la dispersión de semillas y promover la restauración ecológica en ecosistemas degradados (Villate & Cortés, 2018)

Reforestación: Es el proceso de plantar árboles en áreas donde han sido talados o donde la vegetación ha sido eliminada (Cunningham et al, 2015).

Regeneración natural: Es el proceso mediante el cual un ecosistema se recupera por sí mismo tras haber sido perturbado, sin intervención humana (Muñoz, 2017).

Restauración ecológica: Es un enfoque más amplio que busca recuperar la estructura y funcionalidad de un ecosistema degradado. Este proceso implica no solo la reforestación, sino también la atención a otros componentes del ecosistema, como la fauna, el suelo y el agua (Vargas, 2011).

1. Introducción

Los bosques tropicales son los ecosistemas terrestres con la mayor diversidad biológica y la que presenta la mayor complejidad ecológica. Según Díaz & Mas (2019), estos ecosistemas ocupan unos 12 millones de kilómetros cuadrados, albergando el 70 % de las especies de plántulas vasculares, el 40 % de la avifauna, el 70 % de los invertebrados y el 65 % de las especies de insectos, siendo el 60 % de la biodiversidad del planeta. Sin embargo, estos ecosistemas están bajo una creciente presión debido a actividades antrópicas, especialmente la deforestación, que ha reducido alarmantemente su extensión. De acuerdo con Li et al (2022) entre 1990 y 2000, la pérdida total de bosques tropicales alcanzó los 9.3 millones de hectáreas, siendo Sudamérica y Centroamérica las regiones más afectadas, perdiendo 3.7 millones de hectáreas y 958 mil hectáreas respectivamente, lo que representa el 53% de su cobertura original. En Colombia, la deforestación ha tenido su impacto en el medio ambiente, de acuerdo con World Wide Fund for Nature (WWF) (2024) se calcula que entre el 2001 y el 2022 se han deforestado un aproximado de 3.3 millones de hectáreas en el territorio nacional, correspondiente al 2.8% del área total del país.

La deforestación no solo implica la pérdida de la cobertura vegetal, sino que también ocasiona deterioro en la diversidad genética y los servicios ecosistémicos que los bosques tropicales proveen (WWF, 2024). Según McMurray et al (2017) entre estos servicios se encuentran cuatro tipos: los de aprovisionamiento, de regulación, culturales y esenciales. Los de aprovisionamiento son aquellos que incluyen productos tangibles que los seres humanos pueden aprovechar de los ecosistemas, como la madera, el agua y alimentos. Los servicios de regulación, que derivan del control de procesos ecosistémicos, tales como la hidrología, la regulación del clima y ciertas enfermedades. Los servicios culturales, que son los beneficios no materiales que las personas obtienen de los ecosistemas, como la recreación, la experiencia estética, entre otros. Finalmente, los servicios esenciales, que constituyen la base para la obtención de los demás servicios, como la retención de suelo, el ciclo de nutrientes, entre otros (McMurray et al, 2017).

Frente a la deforestación, la restauración de estos ecosistemas se presenta como una estrategia esencial, aunque enfrenta desafíos considerables debido a la limitada dispersión de semillas en áreas degradadas (Zemanova et al, 2017). Esta limitación se debe, en gran parte, a la baja densidad de especies dispersoras de semillas, como aves frugívoras y murciélagos, cuyo

número disminuye significativamente en zonas deforestadas, reduciendo así el potencial de recuperación de estos ecosistemas (Almeida et al, 2016).

La restauración ecológica, definida por Martin (2017) como el proceso de ayudar a la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido, se presenta como una solución necesaria para revertir los efectos de la deforestación. Esta disciplina que se ha consolidado desde la década de 1990 busca recuperar los ecosistemas degradados mediante el aumento de la cobertura vegetal y la mejora de las relaciones ecológicas (Villate & Cortés, 2018).

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) en la iniciativa planteada como el Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas, la cual es una iniciativa global que se extiende desde el 2021 hasta 2030, con el objetivo de prevenir, detener u revertir la degradación de los ecosistemas en todo el mundo, se enfatiza en la necesidad de implementar proyectos que se enfoquen en la restauración ecológica, en donde se devuelvan los ecosistemas a su estado natural o a un estado más funcional (Organización de las Naciones Unidas (ONU), 2019). Para dar cumplimiento a esto, las perchas artificiales (PA) surgen como una técnica de restauración activa dentro de esta iniciativa (González et al, 2024).

En Colombia iniciativas como el Plan Nacional de Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Degradadas (PNR) han surgido como una solución para enfrentar la problemática de la deforestación. Este plan tiene como objetivo a 20 años, orientar y promover procesos integrales de restauración ecológica que busquen recuperar las condiciones de los ecosistemas como su estructura, su composición o sus funciones y garantizar la prestación de los servicios ecosistémicos en áreas degradadas, empleando diversas estrategias (Escalante & Gómez, 2023), en donde se asegure la participación de las comunidades (Vanegas et al, 2015). Esto con el objetivo de alcanzar la meta de reforestación de 750.000 hectáreas de bosques para el año 2026 establecido en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) (Acosta, 2023).

La restauración ecológica se apoya en diversas estrategias que aportan al logro de los objetivos ambientales, las cuales varían de acuerdo a las necesidades del área a recuperar y los objetivos del proyecto (Bernal, 2022). Estas estrategias incluyen la siembra directa de especies nativas, la reintroducción de especies clave que faciliten la regeneración natural, y la promoción del crecimiento de la vegetación autóctona (Jara, 2018). Entre las técnicas más destacadas se encuentran las perchas artificiales para aves, que han emergido como una herramienta innovadora y efectiva para impulsar la regeneración de bosques (Villate & Cortés, 2018).

Estas estructuras, representan una técnica de bajo costo que facilita la dispersión de semillas y acelera la regeneración forestal en áreas deforestadas (Freeman et al, 2021). Su efectividad se ha comprobado mediante el registro de aves que se posan en ellas, así como a través de la cantidad de plántulas asociadas, lo que se ha convertido en un indicador clave de su éxito (Orozco, 2018). Siendo las perchas de varas cruzadas, las más eficaces en términos de visitas de aves y el reclutamiento de plántulas (Iguatemy et al, 2020).

Dentro de esta estrategia, la dispersión de semillas por animales juega un rol importante en la regeneración de los bosques tropicales. Las aves frugívoras, en particular, han demostrado ser dispersoras clave, ya que cerca del 90% de las especies leñosas en estos bosques dependen de ellas para la dispersión de sus semillas (Mayta et al, 2024). Estas aves no solo transportan las semillas, sino que también las someten a un tratamiento pre germinativo al pasar por su sistema digestivo. Generalmente, las aves defecan las semillas mientras están posadas en perchas (Muscarella & Fleming, 2007). Este proceso, que puede durar varias horas, facilita la viabilidad de las semillas al eliminar inhibidores de la germinación presentes en ellas, aumentando así su capacidad para germinar (Dellafiore & Brandolin, 2023).

La implementación de estas estructuras es significativa para la ingeniería ambiental, dado que su utilización, no sólo contribuye al establecimiento de la biodiversidad y la estructura de los ecosistemas, sino que también juega un papel clave en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente en lo que respecta al ODS 13: Acción por el clima, ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres, y ODS 12: Producción y consumo responsables (Ramos, 2021).

En el contexto colombiano, iniciativas como los proyectos de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Evitada de bosques (REDD+) han demostrado el potencial de las (P.A.) como mecanismo para la dispersión de semillas en la reforestación de bosques tropicales (Insuasty et al, 2014). La integración de P.A en estos proyectos refuerza la capacidad de regeneración natural, reduce la necesidad de intervenciones humanas de alto costo, y potencia la recuperación de servicios ecosistémicos esenciales, posicionando esta técnica como una solución estratégica en la lucha contra la degradación ambiental y la pérdida de biodiversidad (García, 2021).

Este tipo de estrategias pueden convertirse en una alternativa importante para las autoridades ambientales y para el ingeniero ambiental a la hora de desarrollar e implementar políticas y proyectos de restauración. La adaptabilidad y el bajo costo de las P.A las convierten en

una herramienta valiosa para la restauración de ecosistemas degradados, permitiendo una gestión más eficiente y sostenible de los recursos naturales (Sandoval, 2020).

Este estado del arte tiene como objetivo analizar la efectividad de las perchas de aves como impulsores de la regeneración natural en bosques tropicales y su potencial en la restauración ecológica. Se recopila información sobre la influencia de las P.A en el proceso de restauración en áreas deforestadas, identificando factores clave que determinan su éxito. Además, se exploran las oportunidades y limitaciones de su aplicación mediante la revisión de diferente material bibliográfico. Se proponen recomendaciones para la implementación efectiva de perchas de aves en proyectos de restauración, beneficiando a investigadores y profesionales en el campo de la restauración ecológica, la biología de la conservación y la ingeniería ambiental.

Este análisis abarca diversas variables como el tipo de bosque tropical, el tiempo del estudio, localización geográfica, características de las P.A y factores que limiten su aplicación. Además, se proporcionará una base sólida para definir líneas de investigación que impliquen su uso, contribuyendo a la recuperación de ecosistemas degradados y al desarrollo de estrategias sostenibles en conservación.

2. Desarrollo estado del arte

2.1. Delimitación del problema

La deforestación es una de las principales amenazas para los bosques tropicales, ecosistemas que albergan la mayor parte de la biodiversidad terrestre del planeta. Este proceso impulsado en gran parte por la expansión agrícola, la tala ilegal y la urbanización, ha resultado en una pérdida masiva de cobertura forestal, lo que ha llevado a la degradación de suelos y la fragmentación de hábitats (Knoke et al, 2020). Por otro lado, hay que decir que esta problemática ambiental no solo reduce la extensión de estos ecosistemas, sino que también interrumpe procesos ecológicos clave, como la dispersión de semillas, que es fundamental para la regeneración natural de la vegetación (Casallas, 2016). En áreas degradadas, este proceso, principalmente llevado a cabo por aves frugívoras y otros animales, se ve gravemente comprometido, debido a la disminución de sus poblaciones y la consecuente pérdida de diversidad biológica, lo que reduce el potencial de recuperación natural de estos ecosistemas (Menezes et al, 2021)

En este contexto, la utilización de perchas artificiales para aves ha emergido como una estrategia innovadora y de bajo costo para restaurar áreas deforestadas. Estas estructuras, diseñadas para atraer aves hacia zonas deforestadas, tienen el potencial de facilitar la dispersión de semillas y, por ende, acelerar la regeneración natural (Freeman et al, 2021). Sin embargo, su efectividad presenta ciertos desafíos. Los estudios realizados por Almeida et al (2016), Villate & Cortés (2018) y Goncalves et al (2019) han mostrado que, aunque las perchas artificiales incrementan la lluvia de semillas en áreas degradadas, su impacto en el establecimiento de plántulas es a menudo limitado. Además, la efectividad de estas estructuras está condicionada por una serie de factores biológicos y físicos, como la calidad del suelo, la disponibilidad de nutrientes, y la diversidad de especies de aves que utilizan las perchas (Almeida et al, 2016).

Teniendo en cuenta lo anterior, esta investigación se enfoca en evaluar cómo y bajo qué condiciones las perchas artificiales para aves pueden ayudar de manera efectiva a la regeneración natural de los bosques tropicales en áreas afectadas por la deforestación. Para ello, es necesario analizar las variables que influyen en el éxito de estas estructuras. Esto incluye no solo la selección y diseño de las perchas, sino también la consideración de las características del entorno deforestado y la identificación de las especies que dispersan de manera efectiva en estos contextos las semillas.

2.2. Características de la muestra documental

Para esta investigación, se ha determinado una revisión sistemática cualitativa, donde se siguió la metodología realizada por Ome & Zafra (2018), utilizando bases de datos para la revisión de literatura: (i) Science Direct, (ii) Scopus, (iii) Springer Link y (iv) Google Scholar, dentro de esta búsqueda se emplearon las siguientes palabras claves en idioma inglés: (i) “artificial perches” (perchas artificiales), (ii) “tropical forests” (bosques tropicales) y (iii) “regeneration” (regeneración); estas palabras se asumieron como las más importantes, de acuerdo con el eje temático de la investigación. La búsqueda bibliográfica abarcó el periodo 2016-2024, centrándose exclusivamente en artículos de investigación con un enfoque experimental, alineado con la premisa central de este estudio.

Dentro de esta búsqueda inicial se encontraron 23, 2, 5 y 7890 artículos de investigación en las bases de datos de Science Direct, Scopus, Springer Link y Google Scholar respectivamente. La segunda parte de revisión fue desarrollada para incluir palabras clave (keywords) adicionales en idioma inglés. Estas palabras clave adicionales se utilizaron para reducir el número de documentos. Algunas de las ecuaciones utilizadas a partir de estas palabras clave fueron:

- artificial perches AND regeneration AND tropical forests AND birds
- artificial perches AND restoration AND tropical forests AND birds
- artificial perches AND regeneration AND tropical forests AND seeds
- artificial perches AND regeneration AND tropical forests AND birds AND seeds

Por último, se realizó un análisis de la información a partir de la ecuación de búsqueda, “artificial perches” AND “regeneration” AND “tropical forests” AND “birds” AND “seeds”, lo que permitió reducir el número de documentos a 16, 2, 3 y 3540 para las bases de datos Science Direct, Scopus, Springer Link y Google Scholar respectivamente. Tras una lectura detallada, se seleccionaron en total 12 artículos de las cuatro bases de datos. tres (3) de *Science Direct*, uno (1) de *Scopus*, dos (2) de *Springer Link* y seis (6) de *Google Scholar*, estos últimos seleccionados de las primeras tres páginas. En total, se consideraron 40 documentos, descartando aquellos sin acceso libre o sin relevancia directa para la investigación.

2.3. Aspectos importantes de las perchas artificiales

Basado en la información recolectada, el presente análisis se centra con respecto a la eficacia de las perchas de aves como alternativa de solución a la baja capacidad de dispersión de semillas por estos organismos, como técnica de restauración ecológica en zonas deforestadas por actividades antrópicas.

2.3.1 *¿Qué son las perchas artificiales?*

Las perchas artificiales (P.A.) son estructuras diseñadas para atraer y facilitar el asentamiento de aves en áreas específicas. Estas perchas normalmente son utilizadas como estrategia de restauración ecológica, ya que influyen en la dispersión de semillas y favorecen la sucesión ambiental. Actualmente existen varios tipos y configuraciones de perchas artificiales, generalmente, las más utilizadas por razones de costo, instalación y efectividad son las perchas artificiales de varas cruzadas, las cuales han arrojado mejores resultados en cuanto a número de visitas, de semillas y de plántulas reclutadas bajo ellas, en comparación con otros tipos como las perchas de cables aéreos y plantas enredaderas (Villate & Cortés, 2018).

Las perchas de varas cruzadas se destacan por su configuración en forma de "triple T", donde se utilizan dos ramas, generalmente de madera o bambú, que imitan de manera natural la apariencia de un árbol, atrayendo así a las aves. Según lo observado por Castilhos et al (2022) y Athiê & Dias (2016) en los bosques semidecíduos de Brasil durante un año de monitoreo, se determinó que la altura óptima para maximizar la eficacia de estas perchas artificiales oscila entre los 3 y 4 metros. Esta altura favorece la aceptación de las aves, que tienden a preferir los puntos más altos, como lo harían en un árbol real. Además, las varas transversales deben tener una longitud mínima de 1 metro, proporcionando un lugar de aterrizaje adecuado para las aves.

Por otro lado, las perchas artificiales de tipo cables aéreos y de plantas enredadoras se destacan por tener costos de instalación y mantenimiento más elevados en comparación con las perchas de varas cruzadas. Esta es una de las razones por las que estudios sobre el tema tienden a no implementar estos tipos de perchas.

En cuanto a las perchas artificiales con plantas enredadoras, Vogel et al (2016) llevaron a cabo un estudio experimental en un bosque subtropical atlántico en el estado de Paraná, en donde

cultivaron maracuyá dulce (*Passiflora alata*) en las perchas instaladas con el objetivo de atraer aves que pudieran alimentarse de estas plantas y, al hacerlo, potencialmente dispersar las semillas de especies nativas. No obstante, los resultados del experimento revelaron que la efectividad de este tipo de perchas es significativamente menor en comparación con las perchas de varas cruzadas.

Según la funcionalidad descrita en el estudio, las perchas de varas cruzadas puedan alcanzar una efectividad del 70-80%, mientras que las perchas con plantas enredadoras se sitúan en un 50-60%. Esto se debe a que las perchas de varas cruzadas les proporciona un lugar seguro y estable para que las aves se posen, permitiéndoles tener un mejor campo de visión, lo que las advierte de los depredadores, siendo más atractivo para ellas (Athiêa & Dias, 2016). La elección entre uno u otro tipo de percha depende de los objetivos específicos de la investigación: si el propósito es proveer alimento a las aves, las plantas enredadoras son más adecuadas; sin embargo, si el objetivo principal es promover la regeneración natural y la dispersión de semillas, las perchas de varas cruzadas resultan más efectivas (Vogel et al, 2016).

2.3.2 Factores que influyen en la efectividad de las perchas artificiales

Las perchas artificiales, utilizadas como método para la restauración natural de zonas deforestadas, suelen ofrecer mejores resultados cuando se consideran ciertos factores durante su instalación y operación. En un estudio realizado en el bosque subtropical de la ecorregión de la Provincia de Entre Ríos, Argentina, Guidetti et al (2022) identificaron que uno de los factores más importantes en la instalación de P.A es su ubicación. La proximidad a áreas de bosque nativo facilita la llegada de semillas dispersadas por aves hacia las zonas deforestadas, ya que estas áreas actúan como fuentes de propágulos. Esto fue clave para aumentar tanto la abundancia como la riqueza de especies en áreas degradadas.

Una situación similar se observó en el estudio de Alencar & Guilherme (2020), realizado en los bosques tropicales al suroeste de la Amazonía brasileña. En este estudio, se determinó que la distancia en la que se instalaron las perchas artificiales influyó en la dispersión de semillas en las áreas degradadas. Se identificó que, al estar ubicadas más alejadas de los bosques primarios, las perchas permitían a las aves dispersar semillas de una composición variada. Sin embargo, estas

distancias prolongadas afectaban la cantidad de semillas dispersadas, lo cual impactaba directamente la regeneración natural debido a la falta de fuentes de semillas.

La configuración y el material con el que se construyen las perchas artificiales son factores cruciales para maximizar la efectividad de este método. En este contexto, los materiales de origen vegetal suelen ser los más adecuados para obtener los mejores resultados. Esto se evidencia en estudios como los realizados por Guidetti et al (2022) y Silva et al (2023), que utilizaron bambú para la construcción de perchas artificiales. Aunque el bambú es abundante en los bosques tropicales y económico para su uso, no siempre resulta ser el material más efectivo. En cambio, un estudio llevado a cabo por Mayta et al (2024) en la región montañosa tropical de los Andes bolivianos, empleó ramas de *Erythrina falcata* y *Ficus spp.*, que, al ser especies nativas del área de estudio, eran más reconocidas por las aves dispersoras. Así, al comparar los materiales utilizados en los tres estudios, se puede afirmar que, para lograr la mayor efectividad posible, es importante considerar las especies arbóreas originarias de las áreas degradadas, ya que el estudio con ramas de *Erythrina falcata* y *Ficus spp.* mostró una mejor adaptación ecológica.

La adaptación conductual de las aves es el tercer factor que influye en la efectividad de las perchas artificiales. Al ser las aves los agentes dispersores de semillas, es crucial que se sientan cómodas con la estructura. En este sentido, el estudio realizado por Silva et al (2023) determinó que la plasticidad conductual de las aves, especialmente de aquellas adaptadas a ambientes fragmentados, facilitó una mayor interacción con las P.A. Esto demuestra cómo las aves pueden ajustar su comportamiento en respuesta a la disponibilidad de nuevas estructuras en su hábitat.

La adaptabilidad a las condiciones que presentan las áreas deforestadas, donde solo existen las perchas artificiales como estructuras para posarse, lleva a que las aves muestren una fuerte preferencia por estas estructuras. Esto se debe a su comportamiento natural de defecar mientras están posadas. De acuerdo con Mayta et al (2024), las perchas actuaron como puntos focales para la dispersión de semillas, ya que las aves, al posarse en ellas, dispersaron las semillas cerca de estos sitios. La presencia de estas estructuras permitió a las aves realizar sus actividades normales, lo que resultó en una mayor acumulación de semillas cerca de las perchas y una dispersión aproximadamente un 20% más efectiva en comparación con las zonas sin perchas.

Por último, Freeman et al (2021) determinaron en su estudio que, además de los factores previamente mencionados, la presencia de cuerpos de agua cerca de las P.A es un aspecto importante para mejorar la efectividad del proceso. Esto se debe a que ciertas especies de aves,

como el currawong común (*Strepera graculina*), requieren agua para regurgitar semillas, lo que facilita su deposición en áreas deforestadas cercanas a las perchas instaladas. (Freeman et al, 2021).

2.3.3 Barreras naturales para la germinación de plántulas

A pesar del papel crucial que desempeñan las perchas artificiales de aves en la regeneración vegetal tras la deforestación, diversos estudios han revelado sus limitaciones. Almeida et al (2016) realizaron un estudio en una zona degradada de la Selva Atlántica Semicaducifolia Estacional, en el sur de Brasil, para evaluar la eficacia de estas perchas en la dispersión de semillas y el establecimiento de plántulas. Aunque demostraron que estas estructuras incrementan significativamente la llegada de semillas en áreas deforestadas, su impacto en el establecimiento de plántulas fue mucho menor. Esto se debe a que las condiciones del suelo, como la compactación y la falta de nutrientes, así como la competencia con la vegetación existente, como el pasto, impidieron el desarrollo de las plántulas. El estudio reveló que el número de plántulas establecidas fue extremadamente bajo en comparación con la cantidad de semillas dispersadas; en antiguos sitios agrícolas, solo el 0,22% de las 25,755 semillas dispersadas (es decir, 57 plántulas) lograron establecerse (Almeida et al, 2016).

En un estudio comparativo sobre el establecimiento de plántulas realizado por Rochal et al (2020), se evaluaron distintos métodos, incluyendo las perchas artificiales, la plantación densa, la plantación de enriquecimiento, el espaciamiento de plantas, el cercado, y la transposición de semillas en el suelo. En relación con las P.A para aves, se determinó que, aunque este método mostró el mejor desempeño económico en términos de implementación, presentaba un problema significativo en su ejecución: a pesar de la gran cantidad de semillas que alcanzaban los sitios deseados, el establecimiento de las plántulas era extremadamente bajo. Esto comprometía su efectividad en la restauración forestal. Por lo tanto, los investigadores concluyeron que solo el 20% de las áreas destinadas a la restauración requerirían prácticas de reforestación activa para compensar la baja tasa de establecimiento de plántulas (Rochal et al, 2020).

Además, la eficacia de estas estructuras está condicionada por barreras físicas y biológicas, como la calidad del suelo. Almeida et al (2016) destacan factores físicos como la compactación del suelo, la falta de nutrientes, la erosión del suelo, el drenaje inadecuado y las temperaturas

extremas. Por otro lado, los factores biológicos de mayor relevancia son la depredación de semillas y plántulas por insectos, hongos y roedores, así como otros factores como la competencia con especies vegetales exóticas y la alteración de la comunidad de dispersores. Estos factores en suelos degradados pueden afectar la germinación de las semillas y dificultar el establecimiento de plántulas, limitando así el éxito de la regeneración (Almeida et al, 2016).

Considerando las barreras físicas y biológicas del suelo, Goncalves et al (2019) determinaron en su estudio realizado en los bosques tropicales del estado de Ceará, Brasil, que las distintas composiciones del suelo, como la presencia de suelos salinos o vertisoles, pueden afectar negativamente la germinación y el reclutamiento de especies. Suelos con características desfavorables, como alta salinidad o tendencia a formar grietas, limitan la capacidad de las semillas para germinar y establecerse. En cuanto a la baja humedad del suelo, se asocia con factores climáticos; durante el periodo de estudio, la precipitación media anual fue de 500 mm, por debajo de la media histórica de 863.4 mm. Por otro lado, la depredación por parte de animales como roedores, hormigas y aves mostró una tendencia a consumir y dañar las semillas, impidiendo que muchas de ellas logran germinar.

Teniendo en cuenta lo anterior, los factores climatológicos también influyen en la efectividad del proceso de restauración utilizando P.A. Estudios realizados por Guidetti et al (2022) y Mayta et al (2024) afirman que, a pesar del potencial de las perchas en estos procesos, su eficacia depende de que las condiciones de temperatura y precipitación sean las adecuadas para el correcto establecimiento de las plántulas. Estos estudios señalan que durante períodos de altas temperaturas se experimenta un déficit hídrico en el suelo, lo cual puede reducir la germinación y el establecimiento de semillas. Por otro lado, las precipitaciones intensas en ciertos períodos pueden provocar la erosión del suelo, arrastrando las semillas lejos de las áreas donde fueron dispersadas. Además, estas precipitaciones pueden sobresaturar el suelo, afectando negativamente la germinación y el crecimiento de las plántulas jóvenes.

Por último, estudios como los realizados por Freeman et al (2021), Villate & Cortés (2018), Castilhos et al (2022) y Guidetti et al (2022) han determinado que la alta abundancia de especies invasoras de semillas dispersadas por las P.A puede ser un problema. Estas especies pueden dominar el paisaje y afectar negativamente la restauración ecológica de los ecosistemas degradados. Teniendo en cuenta que las especies invasoras suelen establecerse rápidamente en áreas degradadas, desplazando a las especies nativas.

Esta competencia puede llevar a una escasez de recursos como luz, agua y nutrientes. Situación que se presenta como consecuencia de los procesos de recolección de semillas llevados a cabo por las aves frugívoras, que tienden a traer semillas de las zonas forestales más cercanas a las perchas. Por lo tanto, es importante que las perchas en las áreas degradadas estén ubicadas cerca de bosques tropicales que suministren semillas adecuadas.

En la Tabla 1, se puede observar la síntesis de los artículos utilizados para este estado del arte, resaltando los principales factores a tener en cuenta en la instalación de P.A, así como la efectividad de su empleación.

Tabla 1. Resumen de los hallazgos obtenidos con respecto a las perchas artificiales

Autor	Tipo de percha	Material	Altura percha (m)	Localización	Distancia con respecto bosque (m)	Efectividad en la dispersión al de semillas (%)
(Almeida et al, 2016)	Varas cruzadas	Bambú	2	Cerca borde bosque	800-2100	-
(Mayta et al, 2024)	Varas cruzadas	Madera nativa (<i>Erythrina falcata</i> y <i>Ficus spp</i>)	5	Cerca borde bosque	50	60-80
(Villate & Cortés, 2018)	Varas cruzadas	Madera	2.5	A la ribera del río	9	20-40
(Athiêa & Dias, 2016)	Varas cruzadas	Eucalipto	7	Cerca borde del bosque	230	20-40
(Castilhos et al, 2022)	Varas cruzadas	Bambú	4	Cerca borde del bosque	50	80-95
(Silva et al, 2023)	-	-	-	-	-	80-90
(Vogel et al, 2016)	Varas cruzadas	Madera	10	-	-	70-80
(Vogel et al, 2016)	Plantas enredadoras	Madera/ Maracuyá	10	-	-	50-60
(Guidetti et al, 2022)	Varas cruzadas	Bambú	2	Cerca borde del bosque	25	-
(Alencar & Guillermo, 2020)	Varas cruzadas	Madera	3	Cerca borde del bosque	40	80-95

Nota. Realizado a partir del análisis de la revisión bibliográfica

De acuerdo con lo observado en la Tabla 1, se puede afirmar que en el 75% de los 12 artículos analizados emplearon perchas artificiales de varas cruzadas. Estos estudios revelan que el tipo de material de la percha influye notablemente en su efectividad. Las perchas tanto de bambú como de madera mostraron una efectividad variable, entre el 20% y el 95%. Las alturas de las

perchas también juegan un papel crucial en su efectividad. Las perchas con alturas que varían entre 5 y 10 metros tendieron a mostrar mejores resultados en comparación con las más bajas. Esto sugiere que las perchas ubicadas a mayores alturas tienen una mejor visibilidad y accesibilidad para las aves. En cuanto a la localización, la mayoría de las perchas se situaron cerca del bosque, con distancias que oscilan entre 25 y 230 metros. Dicho esto, la efectividad fue mayor en aquellas ubicaciones situadas a distancias menores al borde del bosque (40-50 metros), lo que podría estar relacionado con una mayor actividad de aves en estas áreas. En la Tabla 2, se encuentra el resumen de los hallazgos obtenidos con respecto a los sitios de estudio.

Tabla 2. Tipos de ecosistemas identificados en estudios donde se utilizaron perchas artificiales para aves

Autor	País	Tipos de ecosistemas forestales	Área de la zona de estudio
(Almeida et al, 2016)	Brasil	Bosque Estacional Semideciduo	Parque Estatal <i>Vila Rica do Espírito Santo</i> , un área protegida de 354 ha
(Mayta et al, 2024)	Bolivia	Bosques montanos tropicales	Bosques cerca de la ciudad de Chulumani con un área de 221 km ²
(Villate & Cortés, 2018)	Colombia	Bosque seco montano bajo	El área total fue de 30 m ² cerca al Río la Vega
(Athiêa & Dias, 2016)	Brasil	Bosque semideciduo	Pastizal abandonado de 10.75 ha a 230 m del bosque en el Parque Estatal de Porto Ferreira
(Castilhos et al, 2022)	Brasil	Fragmentos de bosque ripario y bosque estacional semideciduo	0.4 ha de campos en barbecho, anteriormente cubiertos por bosques
(Silva et al, 2023)	Brasil	Bosque Estacional deciduo y Bosque Estacional semideciduo	-
(Vogel et al, 2016)	Brasil	Bosque subtropical atlántico	Se utilizó un total de 2.59 ha
(Guidetti et al, 2022)	Brasil	Bosque subtropical	Se utilizaron dos lugares, uno con un área de 400 ha y el otro de 20 ha
(Alencar & Guillermo, 2020)	Brasil	Mosaico de bosque denso de madera dura combinado con extensión de bambú nativo	1200 hectáreas correspondiente a la Hacienda Experimental Catuaba

Nota. Realizado a partir del análisis de la revisión bibliográfica

La Tabla 2 ofrece un resumen de las características de las zonas de estudio donde se evaluó la efectividad de las P.A. Se pudo determinar que la mayoría de los estudios se llevaron a cabo en Brasil, abordando una amplia variedad de ecosistemas como bosques estacionales semideciuos, bosques subtropicales y fragmentos de bosque ripario. Las áreas de estudio variaron

considerablemente, desde pequeñas áreas de 30 m² hasta grandes extensiones de hasta 1200 hectáreas.

En terminos de efectividad, las zonas con bosques montanos tropicales y bosques estacionales deciduos demostraron mayores porcentajes de éxito en la dispersión de semillas, con rangos que van del 60% al 95%, teniendo en cuenta lo establecido por Mayta et al (2024) y Silva et al (2023). De acuerdo con esto, y con lo observado en la Tabla 1, se puede inferir que la efectividad de las perchas puede estar estrechamente relacionada con la densidad y diversidad del ecosistema, así como con las presencia y actividad de las aves dispersoras en la región.

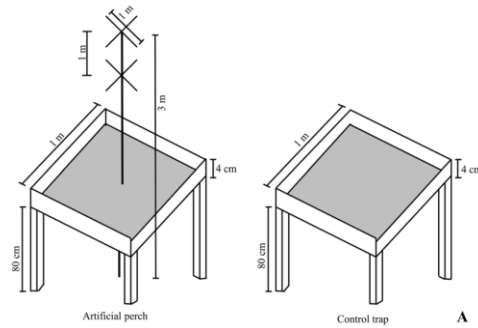
En la Tabla 3, se encuentran los diseños de las P.A identificados a partir de la revisión bibliográfica.

Tabla 3. Variación en los diseños de perchas artificiales reportados en los estudios

Autor	Diseño percha artificial
(Almeida et al, 2016)	<p style="text-align: center;">Perch + R + T# R + T□</p>
(Castilhos et al, 2022)	

Tabla 3. *Continuación*

(Alencar & Guillermo, 2020)



Nota. Realizado a partir de la revisión bibliográfica

De acuerdo con la Tabla 3, los diseños de P.A identificados presentaban en su mayoría configuraciones variadas. Las perchas diseñadas por Almeida et al (2016) y Alencar & Guillermo (2020), además, de ser de varas cruzadas y tener una buena altura, incluían trampas debajo de cada percha, lo que facilitaba la captura de las semillas para determinar la tasa de dispersión de las aves. Por otro lado, Castilhos et al (2022) uso una configuración “Triple T” para asegurar que varias aves pudieran posarse a la vez.

3. Discusión

3.1. Avances y efectividad de las perchas artificiales

Las fuentes consultadas revelaron como las P.A son un método importante y de bajo costo, que permite la restauración de manera natural de ecosistemas de bosques tropicales afectados por procesos de deforestación. Su efectividad como impulsores de la regeneración natural en los bosques tropicales ha sido ampliamente investigada, revelando tanto avances significativos como limitaciones persistentes. Este estado del arte ha recopilado y analizado investigaciones clave que abordan el potencial de estas estructuras, permitiendo una comprensión más profunda de los factores que influyen en su éxito. A continuación, se discutirán los aportes, avances, limitaciones y mecanismos identificados que permitan mejorar su incorporación

A partir del estado del arte, se ha logrado destacar a las P.A de varas cruzadas como una herramienta efectiva para aumentar la dispersión de semillas nativas entre un 20-95 % en áreas degradadas de acuerdo con estudios llevados a cabo por Castilhos et al (2022), Alencar & Guillermo (2020) y Silva et al (2023). La recopilación de estudios recientes ha permitido establecer una conexión clara entre la elección de materiales y la configuración que las perchas deben tener, para generar una mejor aceptación por parte de las aves dispersoras y, por ende, mejorar la regeneración vegetal mediante el uso de materiales nativos, tal como estableció Mayta et al (2024).

Además, se enfatizó la importancia de factores importantes para su efectividad, como la proximidad a fuentes de semillas de bosques nativos tropicales y la adaptación conductual de las aves, las cuales influyen en la eficacia de las perchas. Con respecto a la proximidad a las fuentes de semillas, se pudo determinar que entre más cerca a zonas como los bordes de los bosques en distancias entre 40-50 metros la efectividad de las perchas artificiales puede aumentar entre 60-95% frente a la deposición de semillas nativas. Estos hallazgos son consistentes con investigaciones previas, que subrayan la relevancia de la ubicación y los materiales en la efectividad de estas estructuras.

Adicional a esto, de acuerdo con lo observado en la Tabla 2, se pudo determinar que los estudios en áreas más grandes y protegidas, como parques estatales, tienden a mostrar una mayor efectividad en la dispersión de semillas. Esto sugiere que la conservación del hábitat y la

preservación de grandes áreas de bosque pueden ser factores clave para maximizar la eficacia de las perchas artificiales.

3.2. Barreras naturales y desafíos en la investigación

A pesar de los avances mencionados, persisten algunas barreras importantes en la investigación sobre las P.A con respecto a la regeneración de bosques tropicales. Uno de los principales vacíos identificados durante el desarrollo de la investigación es la limitada comprensión que se tiene sobre los factores que influyen en la etapa de establecimiento de las plántulas, a pesar de que las estructuras permiten una alta dispersión de semillas. Estudios como el realizado por Almeida et al (2016) han demostrado que, aunque las perchas aumentan la lluvia de semillas, el porcentaje de semillas que se convierten en plántulas establecidas es extremadamente bajo. Este fenómeno plantea importantes interrogantes sobre los factores adicionales, como las características del suelo, las condiciones climáticas, que limitan la efectividad de estas estructuras en la regeneración forestal.

Otra falencia identificada es la falta de estudios a largo plazo que evalúen la efectividad de las perchas en la regeneración natural. La mayoría de las investigaciones se centran únicamente en los efectos a corto plazo, pero hay una gran escasez de datos sobre como estas estructuras pueden afectar la composición de las especies y la dinámica ecológica a largo plazo.

La competencia con especies invasoras es una preocupación señalada en varios estudios como los realizados por Freeman et al (2021) y Villate & Cortés (2018), en donde pudieron demostrar como las especies invasoras, al establecerse rápidamente, compiten de manera agresiva por recursos esenciales como luz, agua y nutrientes, alterando las condiciones del suelo y el microambiente de las áreas restauradas. Esto puede resultar en la disminución de la biodiversidad y en la reducción de la efectividad general de las perchas artificiales para fomentar la regeneración natural. Por otro lado, el impacto de las especies invasoras se ve influenciado por el comportamiento de las aves frugívoras, que suelen traer semillas de áreas cercanas, que a menudo están dominadas por especies invasoras, las cuales como mencionó Almeida et al (2016) pueden competir por los recursos con las plántulas nativas.

Para mitigar este desafío, la ubicación y el diseño de las P.A deben ser considerados, debido a que como sugieren Guidetti et al (2022) y Silva et al (2023), situar las perchas cerca a los bosques

nativos puede asegurar que las semillas dispersadas sean en su mayoría de especies nativas, reduciendo de esta forma la probabilidad que las especies invasoras dominen el área restaurada. A pesar de esto, este factor sigue siendo un área inexplorada, lo que limita la capacidad de poder predecir los resultados a largo plazo de la restauración natural a partir de las perchas artificiales, como consecuencia de la competencia con especies invasoras.

3.3. Aspectos de mejora para la implementación de perchas artificiales

A partir de la revisión realizada, se identificaron varias áreas de investigación que pueden contribuir a mejorar la implementación de P.A como estrategia de restauración ecológica. Estas líneas de investigación pueden proporcionar información clave para optimizar el uso de estas estructuras en la regeneración natural de ecosistemas tropicales degradados.

Como se enfatiza en el estudio realizado por Mayta et al (2024) se pueden utilizar materiales nativos en la construcción de perchas, como ramas de árboles locales, los cuales, a ser propios de la zona, no solo son más familiares para las aves, sino que están mejor adaptados a las condiciones climáticas locales, lo que puede prolongar la durabilidad de las perchas y mejorar su efectividad. De igual forma, equipar las perchas con plantas enredadoras nativas puede mejorar significativamente su efectividad, al atraer a una mayor diversidad de aves frugívoras (Vogel et al, 2016). Los futuros estudios deben evaluar la viabilidad de esta técnica y su impacto en la dispersión de semillas.

Por otro lado, se ha demostrado con los estudios realizados por Almeida et al (2016), Mayta et al (2024), Athiêa & Dias (2016), Castilhos et al (2022), Guidetti et al (2022) y Alencar & Guillermo (2020), que las P.A al instalarse cerca de bosques nativos para asegurar que las semillas dispersadas sean principalmente de especies locales, contribuye a reducir la competencia con especies invasoras, un problema recurrente en áreas degradadas, y aumenta la eficacia de la restauración.

Adicionalmente, una estrategia clave que complementa la instalación de P.A es el mejoramiento de las condiciones del suelo, enfocándose en la reducción de la compactación y el incremento de la disponibilidad de nutrientes (Almeida et al., 2016). Para ello, es recomendable aumentar los niveles de materia orgánica en estas zonas degradadas, promoviendo una rehabilitación productiva del suelo mediante el uso de cultivos de cobertura o forrajes, que

favorezcan la mejora de su estructura (López et al, 2018). Otra opción es la aplicación de compost para enriquecer el suelo con nutrientes, el cual puede ir acompañado de yeso agrícola (CaSO_4), tal como lo estableció (Damian et al, 2018), el cual se utilizó para mejorar la densidad y la infiltración de agua en el suelo. Esta intervención facilita la germinación de las semillas dispersadas y mejora la tasa de establecimiento de plántulas (Almeida et al, 2016), superando una de las barreras naturales identificadas en esta investigación.

Otro aspecto importante para tener en cuenta es con respecto a las especies invasoras, ya que estas al competir agresivamente con las plántulas nativas, afectan negativamente el proceso de regeneración (Freeman et al, 2021). Para esto se sugiere que los futuros proyectos incluyan medidas activas de control de invasoras para garantizar el éxito de la restauración, tales como el uso de herbicidas selectivas para gramíneas invasoras, que remuevan de manera permanente estas especies (Elgar et al, 2014) y permitan el establecimiento de las semillas nativas, traídas por las dispersoras.

Con respecto a la tasa de establecimiento de plántulas, la cual es baja y afecta la regeneración natural de los bosques tropicales (Almeida et al 2016). Las perchas deben combinarse con técnicas de reforestación activa para maximizar el impacto, donde se siembre árboles de la misma especie para potenciar la adaptabilidad de las semillas nativas, y por ende el establecimiento de plántulas (Rodríguez, 2023). Esta combinación puede compensar los desafíos asociados a la baja germinación y facilitar una restauración más eficiente.

El componente social también es importante, por lo que las comunidades locales deben ser capacitadas en la instalación, mantenimiento y monitoreo de perchas, ya que no solo fomenta la sostenibilidad de los proyectos de restauración, sino que también crea un sentido de propiedad y responsabilidad en la protección de los ecosistemas (Sandoval, 2020). Además, se pueden integrar las P.A en proyectos agroforestales, los cuales pueden facilitar la dispersión de semillas en áreas de transición entre cultivos y bosques, contribuyendo a la diversidad del paisaje y a la restauración ecológica. (Sánchez et al, 2016)

Por último, las P.A se pueden ubicar en zonas visibles de senderos ecoturísticos, con el fin de no sólo atraer aves, sino que también se eduque a los visitantes sobre su función en la restauración ecológica, fomentando así, la conciencia pública sobre la conservación de bosques tropicales (González, 2015).

Conclusiones

El análisis realizado ha revelado que las perchas artificiales, particularmente las de varas cruzadas, representan una herramienta eficaz para fomentar la dispersión de semillas en áreas deforestadas. Estas estructuras han demostrado ser exitosas en aumentar la llegada de semillas nativas a zonas degradadas, con incrementos que varían entre un 20% y un 95%. Este éxito se debe a su diseño que imita la apariencia de un árbol, atrayendo de esta forma a las aves dispersoras que desempeñan un papel crucial en la regeneración natural.

Sin embargo, a pesar de su efectividad en la dispersión de semillas, las perchas artificiales enfrentan barreras naturales significativas en la etapa de establecimiento de plántulas. Los estudios revelaron que, aunque las perchas aumentan la cantidad de semillas que llegan a las áreas deforestadas, la tasa de establecimiento de plántulas es extremadamente baja, en un aproximado de 0.22 % de acuerdo con la información recopilada. Esto se debió a varios factores, entre los que se incluyen la compactación del suelo, la falta de nutrientes y la competencia con la vegetación existente. Estos problemas físicos y biológicos del suelo impiden el adecuado crecimiento de las plántulas, reduciendo el éxito global de la restauración forestal.

Otro desafío identificado es la competencia con especies invasoras. Estas especies pueden desplazarse rápidamente en áreas degradadas, alterando las condiciones del suelo y el microambiente. La competencia por recursos esenciales como luz, agua y nutrientes puede reducir la efectividad de las perchas artificiales y comprometer la biodiversidad de las áreas restauradas. Esta competencia se vio influenciada por el comportamiento de aves frugívoras, que a menudo traen semillas de zonas cercanas dominadas por especies invasoras. Razón por la cual, es importante realizar estrategias como el control de estas especies invasoras, remediación del suelo y la participación de las comunidades locales en la realización de estos proyectos, para asegurar el éxito de la regeneración natural, a partir de la utilización de perchas artificiales.

Finalmente, con el desarrollo del estado del arte se pudo identificar que, a pesar de los avances significativos en la investigación sobre el uso de perchas artificiales como herramientas para la regeneración ecológica en bosques tropicales, el número de estudios en este campo sigue siendo relativamente limitado. Este hecho resalta la necesidad de ampliar y diversificar las investigaciones para comprender mejor los mecanismos relacionados con este tipo de estructuras, para optimizar su aplicación en diferentes contextos ecológicos.

Recomendaciones

A partir del estado del arte realizado se generan las siguientes recomendaciones para el mejoramiento en la investigación de futuros estudios asociados con la implementación de perchas artificiales como estrategia en la regeneración natural de bosques tropicales, teniendo en cuenta los hallazgos identificados:

1. Para mejorar la implementación de perchas artificiales como estrategia en la regeneración natural de bosques tropicales, se recomienda realizar una revisión más amplia de la literatura. Aunque este estado del arte se centró en estudios experimentales, futuros trabajos podrían incluir revisiones sistemáticas más amplias que aborden aspectos como las interacciones entre las especies de aves y las características físicas de los ecosistemas degradados.

2. Es necesario realizar un análisis crítico del tiempo de ejecución de los estudios, ya que gran parte de la investigación actual se ha realizado en plazos relativamente cortos. Futuros estudios deberían adoptar marcos temporales más amplios para evaluar los efectos a largo plazo de las perchas, lo que podría proporcionar una comprensión más completa de su sostenibilidad y efectividad a lo largo del tiempo.

3. La consideración del contexto local y regional es importante. Aunque las perchas han demostrado ser eficaces en ciertos ecosistemas tropicales, su implementación en otros tipos de ecosistemas, como los bosques montanos o secos, requiere un análisis más profundo. Futuros estados del arte deberían incluir estos ecosistemas no explorados para ampliar la comprensión de la efectividad de estas estructuras.

4. Se han identificado vacíos en la información sobre especies invasoras. Aunque se menciona esta problemática, existe poca información sobre cómo mitigarlas efectivamente en proyectos de restauración que utilicen perchas artificiales. Se sugiere que futuras investigaciones se enfoquen en este tema, desarrollando estrategias que integren el control de especies invasoras como parte esencial del proceso.

Referencias Bibliográficas

- Acosta, C. (19 de mayo de 2023). *La meta del Gobierno Nacional para 2026 es reforestar 750.000 hectáreas de bosque*. La República: <https://www.larepublica.co/especiales/todos-por-la-reforestacion/la-meta-del-gobierno-nacional-para-2026-es-reforestar-750-000-hectareas-de-bosque-3618608>
- Alencar, L., & Guilherme, E. (2020). Artificial perches for the supply of seeds in a fragmented landscape in southwest Brazilian Amazon. *Ecology & Biogeography*, 43(1), 1013-1023. <https://doi.org/10.1007/s40415-020-00662-z>
- Almeida, A. d., Marques, M., Ceccon, M., Silva, J., & Bos, S. (2016). Limited effectiveness of artificial bird perches for the establishment of seedlings and the restoration of Brazil's Atlantic Forest. *Journal for Nature Conservation*, 34(1), 24-32. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2016.08.007>
- Athiêa, S., & Dias, M. (2016). Use of perches and seed dispersal by birds in an abandoned pasture in the Porto Ferreira state park, southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 76(1), 80-92. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.13114>
- Bernal Amaya, K. (2022). Evaluación de estrategias alternativas basadas en recursos web para la participación social en procesos de reforestación en contextos tropicales urbanos del bosque altoandino. [Tesis de Pregrado, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/10654/44545>
- Casallas Pabón, D. (2016). Estrategias para la restauración ecológica de bosques tropicales mediante la dispersión de semillas por murciélagos frugívoros. [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59607>
- Castilhos, T., Crizel, G., Ramos, A., Souza, E. d., Agra, C., & Beltrame, R. (2022). Artificial perches increase bird-mediated seed rain in agricultural fallow area in southern Brazil. *Web Ecology*, 22(2), 59-74. <https://doi.org/10.5194/we-22-59-2022>
- Cunningham, S., MacNally, R., Baker, P., Cavagnaro, T., Beringer, J., Thomson, J., & Thompson, R. (2015). Balancing the environmental benefits of reforestation in agricultural regions. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 17(4), 301-317. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2015.06.001>

- Damian, M., Gonzáles, F., Quiñones, P., & Terán, J. (2018). Plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz, para mejorar el suelo. *Arnaldoa*, 25(1), 141-158. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.251.25109>
- Dellafiore, C., & Brandolin, P. (2023). Redes de dispersión de semillas por aves en la ecorregión del Espinal, Córdoba, Argentina. *El Hornero*, 38(1), 63-70. <https://doi.org/10.56178/eh.v38i1.1424>.
- Díaz, J., & Mas, J. (2019). La deforestación de los bosques tropicales: una revisión. *Revista Internacional de Ciencias de la Tierra*, 1(1), 83-96. https://www.researchgate.net/profile/Ana-Julian/publication/40533510_Transporte_NTRIP_de_transformaciones_geodesicas_y_ondulaciones_del_geoide_a_traves_de_mensajes_RTCM_31_en_redes_GNSS_locales_y_regional
- Elgar, A., Freebody, K., Pohlman, C., Shoo, L., & Catterall, C. (2014). Overcoming barriers to seedling regeneration during forest restoration on tropical pasture land and the potential value of woody weeds. *Frontiers in Plant Science*, 5(1), 1-10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00200>
- Escalante Ramírez, M., & Gómez Cano, D. (2023). Revisión evaluativa del plan integral de cambio climático de Antioquia en la sublínea de procesos de restauración. [Tesis de Maestría, Universidad Pontificia Bolivariana. Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.11912/10874>
- Freeman, A., Freebody, K., Montenero, M., Moran, C., Shoo, L., & Catterall, C. (2021). Enhancing bird-mediated seed dispersal to increase rainforest regeneration in disused pasture – A restoration experiment. *Forest Ecology and Management*, 479(118536), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118536>
- García Rivera, A. (2021). Semillas dispersadas por aves a través de trampas de semillas bajo perchas artificiales como una alternativa de fuentes semilleras para la restauración ecológica del bosque alto andino. [Trabajo de Grado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/10554/67515>
- Goncalves, M., Patriota, A., Marangon, L., Silva, A., Silva, L., Lima, E., & Alves, M. (2019). Potential of Artificial Bird Perches for Recovery Different Areas in Brazilian Semiarid.

- Journal of Experimental Agriculture International*, 36(1), 1-10.
<https://doi.org/10.9734/JEAI/2019/v36130228>
- González, P. (2015). El ecoturismo como alternativa sostenible para proteger el bosque seco tropical peruano: El caso de Proyecto Hualtaco, Tumbes. *Pasos*, 13(6), 1437-1449.
<https://doi.org/10.25145/j.pasos.2015.13.100>
- González, L., Granda, V., Muñoz, L., Torres, S., & Aguirre, Z. (2024). Contexto e implicaciones de la restauración ecológica y de paisajes. *Bosques Latitud Cero*, 14(1), 123-136.
<https://doi.org/10.54753/blc.v14i1.2088>
- Guidetti, B., Dardanelli, S., Miño, F., & Amico, G. (2022). Artificial perches for birds in deforested areas favour a seed rain similar to woodland remnants. *Plant Ecology*, 223(1), 1261-1274.
<https://doi.org/10.1007/s11258-022-01272-3>
- Iguatemy, M., Alvarez, J., Akemi, G., Silva, M., & Scarambone, A. (2020). Artificial Perches: Ecological and Functional Aspects of its Contribution in the Atlantic Forest. *Floresta e Ambiente*, 27(2), 1-8. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.030118>
- Insuasty, J., Pérez, L., & Vargas, O. (2014). Capítulo 2. Semillas y Restauración ecológica. En O. Vargas, L. Melgarejo, L. Pérez, N. Rodríguez, & J. Insuasty, *Semillas de plantas de páramo: ecología y métodos de germinación aplicados a la restauración ecológica* (págs. 44-61). Universidad Nacional de Colombia.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/84683>
- Jara Gavilán, J. (2018). Analisis del uso de la reforestación y la regeneración natural en zonas degradadas de la Amazonía Peruana. [Trabajo de Grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3207>
- Knoke, T., Paul, C., Rammig, A., Gosling, E., Hildebrandt, P., Härtl, F., Peters, T., Richter, M., Heinz, K., Castro, L., Calvas, B., Ochoa, S., Valle, L., Hamer, U., Tischer, A., & Potthast, K. (2020). Accounting for multiple ecosystem services in a simulation of land-use decisions: Does it reduce tropical deforestation? *Global Change Biology*, 26(4), 2403-2420. <https://doi.org/10.1111/gcb.15003>
- Li, Y., Brando, P., Morton, D., Lawrence, D., Yang, H., & Randerson, J. (2022). Deforestation-induced climate change reduces carbon storage in remaining tropical forests. *Nature Communications*, 13(1964), 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29601-0>

- López, W., Reynoso, R., López, J., Camas, R., & Tasistro, A. (2018). Diagnóstico de la compactación en suelos cultivados con maíz en la Región Fraylesca, Chiapas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(1), 65-79. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i1.848>
- Maclaurin, J., & Sterelny, K. (2008). Chapter 1. Taxonomy Red in Tooth and Claw. En J. Maclaurin, & K. Sterelny, *En What Is Biodiversity?* (págs. 1-27). The University of Chicago Press.
- Martin, D. (2017). Ecological restoration should be redefined for the twenty-first century. *Restoration Ecology*, 25(5), 668-673. <https://doi.org/10.1111/rec.12554>
- Mayta, C., López, C., Villegas, M., Aguirre, L., Hensen, I., & Gallegos, S. (2024). Bird perches and artificial bat roosts increase seed rain and seedling establishment in tropical bracken-dominated deforested areas. *Restoration Ecology*, 1(1), 1-13. <https://doi.org/10.1111/rec.14197>
- McMurray, A., Casarim, F., Bernal, B., Pearson, T., & Sidman, G. (2017). *Los servicios ecosistémicos de los bosques tropicales y un marco propuesto para evaluarlos*. Winrock International. <https://winrock.org/wp-content/uploads/2018/02/Marco-servicios-ecosistemicos-28122917.pdf>
- Menezes, Í., Emer, C., Cazetta, E., & Morante, J. (2021). Deforestation Simplifies Understory Bird Seed-Dispersal Networks in Human-Modified Landscapes. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9(1), 1-12. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.640210>
- Muñoz, J. (2017). Regeneración Natural: Una revisión de los aspectos ecológicos en el bosque tropical de montaña del sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 7(2), 130-143. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/326>
- Muscarella, R., & Fleming, T. (2007). The Role of Frugivorous Bats in Tropical Forest Succession. *Biological Reviews*, 82(1), 573-590. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2007.00026.x>
- Ome, Ó., & Zafra, C. (2018). Factores clave en procesos de biorremediación para la depuración de aguas residuales. Una revisión. *Revista U.D.C.A*, 21(2), 573-585. <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.1037>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1 de marzo de 2019). *Nueva Década de la ONU para la Restauración de los Ecosistemas, una gran oportunidad para la seguridad alimentaria y la acción climática*. Organización de las Naciones Unidas (ONU):

- <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/nueva-decada-de-la-onu-para-la-restauracion-de-los>
- Orozco Romero, D. (2018). ¿Las perchas artificiales simples para aves aumentan la lluvia de semillas en un pastizal del bosque seco tropical en la Mesa de los Santos, Santander, Colombia? [*Trabajo de Grado, Pontificia Universidad Javeriana*]. Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/10554/40134>
- Ramos, D. (2021). Contribución de la educación superior a los Objetivos de Desarrollo Sostenible desde la docencia. *Revista española de educación comparada*, 1(37), 89-110. <https://doi.org/10.5944/reec.37.2021.27763>
- Rochal, S., Comini, I., Morais, V., Schettini, B., Villanova, P., Alves, E., Silva, L., Goncalves, L., & Eleto, C. (2020). Ecological ICMS enables forest restoration in Brazil. *Land Use Policy*, 91(104381), 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104381>
- Rodríguez, C. (2023). Cambios en la estructura vertical y composición florística en la Reserva Natural Madre Verde-Costa Rica tras 15 años de restauración ecológica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 57(2), 1-26. <https://doi.org/10.15359/rca.57-2.9>
- Sánchez, F., Pérez, J., Obrador, J., Sol, Á., & Ruiz, O. (2016). Estructura arbórea del sistema agroforestal cacao en Cárdenas, Tabasco, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(14), 2695-2709. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342016001002695&script=sci_arttext
- Sandoval Pupiales, S. (2020). Propuesta de restauración forestal para la recuperación de caudal en la vertiente Willi Kucha de la comunidad San Clemente, parroquia La Esperanza, provincia de Imbabura. [*Trabajo de Grado, Universidad Estatal Amazónica*]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/848>
- Silva, M., Rovedder, A., BehrI, E., FelkerII, R., DreyerI, J., & Procknow, D. (2023). Effect of artificial perches and the avifauna involved in the ecological restoration of a mined area in the south of Brazil. *Ciencia Forestal*, 33(4), 1-14. <https://doi.org/10.5902/1980509870924>
- Vanegas, S., Ospina, O., Escobar, G., Ramírez, W., & Sánchez, J. (2015). *Plan Nacional de Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Disturbadas*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos/gestion-en-biodiversidad/restauracion-ecologica>

- Vargas, J. (2011). Restauración ecológica: Biodiversidad y Conservación. *Acta Biológica Colombiana*, 16(2), 221-246. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/32562>
- Villate, C., & Cortés, F. (2018). Las perchas para aves como estrategia de restauración en la microcuenca del río La Vega, Tunja, Boyacá. *Revista De La Academia Colombiana De Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales*, 42(164), 202-211. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.625>
- Vogel, H., Spotswood, E., Batista, J., & Campanha, F. (2016). Annual changes in a bird assembly on artificial perches: Implications for ecological restoration in a subtropical agroecosystem. *Biota Neotropica*, 16(1), 1-9. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2015-0069>
- World Wide Fund for Nature (WWF). (12 de febrero de 2024). *Los devastadores impactos de la deforestación en Colombia*. (World Wide Fund for Nature (WWF): <https://www.wwf.org.co/?386550/deforestacion-colombia-causas-consecuencias>
- Zemanova, M., Perotto, H., Dickins, E., Gill, A., Leonard, J., & Wester, D. (2017). Impact of deforestation on habitat connectivity thresholds for large carnivores in tropical forests. *Ecological Processes*, 6(21), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s13717-017-0089-1>