

Potencial de restauración de un área natural protegida: Estado actual silvícola y tratamientos para la recuperación de una zona forestal degradada

Restoration potential of a protected natural area: Current silvicultural status and treatments for the recovery of a degraded forest area

Antoni Jimenez¹; Romy Periche¹; Angel Llompart¹; Miguel Puescas²

1 Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral (AIDER), Cal. Las Camelias N° 174 Dpto 6 San Isidro, Lima, Perú.

2 Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, Universidad Nacional de Tumbes. Ciudad Universitaria, Av. Universitaria S/N, Tumbes, Perú.

* Autor correspondiente: ajimenez@aider.com.pe (A. Jimenez).

ID ORCID de los autores

A. Jiménez: <https://orcid.org/0000-0002-1171-5664>

A. Llompart: <https://orcid.org/0000-0002-2544-6637>

R. Periche: <https://orcid.org/0009-0009-8928-1323>

M. Puescas: <http://orcid.org/0000-0003-1979-9572>

RESUMEN

El presente estudio determinó el potencial de restauración forestal en zonas degradadas del sector Fernández, área natural protegida Coto de Caza El Angolo, del estado peruano y administrado por SERNANP. Se aplicó el muestreo diagnóstico, herramienta para definir el estado silvícola del bosque, evaluándose 580 unidades de muestreo con dimensión de 25 m², que permitió la evaluación de especies forestales en las categorías de brinzal, latizal bajo, latizal alto y fustal. Se midieron parámetros como DAP, iluminación de copa, forma de copa e infestación por lianas o plantas parásitas, para ello se utilizó equipos y herramientas de precisión. Los resultados indican que el 70% del área tiene potencial para aplicar tratamientos de enriquecimiento forestal, el 14% no tiene potencial para desarrollar acciones de restauración, y el 16% se encuentra ocupado por algún deseable sobresaliente, donde el mayor porcentaje de individuos presenta buena iluminación relacionado con una buena copa, la categoría de fustal y latizal alto aplican como árboles semilleros, sin embargo los brinzales y latizales bajos a pesar de tener buena iluminación, presentan copas tolerables o malas, generadas por el ramoneo de la ganadería caprina, para ello se propone tratamientos relacionados al manejo de la regeneración natural.

Palabras clave: zonas degradadas; restauración; muestreo diagnóstico; enriquecimiento forestal.

ABSTRACT

This study determined the potential for forest restoration in degraded areas of the Fernández sector, protected natural area Coto de Caza El Angolo, in the Peruvian state and administered by SERNANP. Diagnostic sampling was applied, a tool to define the silvicultural state of the forest, evaluating 580 sampling units with dimensions of 25 m², which allowed the evaluation of forest species in the categories of sapling, low latizal, tall latizal and fustal. Parameters such as DAP, canopy illumination, canopy shape and infestation by lianas or parasitic plants were measured using precision equipment and tools. The results indicate that 70% of the area has the potential to apply forest enrichment treatments, 14% has no potential to develop restoration actions, and 16% is occupied by some outstanding desirable, where the highest percentage of individuals has good lighting related to a good canopy, the category of tall saplings and latizals apply as seed trees, however the low saplings and latizales despite having good lighting, have tolerable or bad canopies, generated by the browsing of goat farming, for this purpose treatments related to the management of natural regeneration are proposed.

Keywords: degraded area; restoration; diagnostic sampling; forest enrichment.

Recibido: 05-11-2024.

Aceptado: DD-MM-2024



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

INTRODUCCIÓN

Los bosques representan casi un tercio de la superficie total de la tierra, abarcando 4060 millones de hectáreas (FAO, 2021), el Perú cuenta con una superficie de 72 083 263 hectáreas que representa el 56,09% del territorio nacional. Entre los bosques del país, el ecosistema bosque estacionalmente seco de la costa, representa el 2,86% con una superficie de 3 647 364 hectáreas (MINAM, 2015), albergan especies endémicas que están particularmente adaptadas a las condiciones ambientales extremas, brinda servicios ecosistémicos esenciales, recursos para el uso doméstico, leña, carbón y forraje al ganado, mejorando medios de vida y bienestar a las poblaciones locales (Siyum, 2020; Depenthal & Meitzner Yoder, 2018).

A pesar de su importancia, los bosques secos están siendo amenazados por diversos factores como el cambio climático, deforestación, fragmentación de hábitats, incendios forestales (Barboza et al., 2022; Cuentas Romero & Salazar Toledo, 2017). Dichas amenazas contribuyen a la degradación del bosque y afecta en la estructura, composición y diversidad, las reservas de carbono, funcionalidad y procesos ecosistémicos (Gao et al., 2020).

En el bosque seco del norte peruano la degradación forestal es ocasionada por factores antropogénicos, como la extracción de madera, leña, quema para cambio de del uso del suelo y presión ganadera, (Otivo-Meza et al., 2015; Cuerva-Ortiz et al., 2020), ante esta problemática la restauración de ecosistemas tiene un enorme potencial para devolver la funcionalidad ecológica del bosque, mejora la salud de la población, brinda bienestar socioeconómico e integridad de diversas culturas y etnias. (Edwards et al., 2021; Aronson et al., 2020); sin embargo, encontrar mecanismos eficientes, es un desafío importante para los responsables de políticas con recursos financieros limitantes (Schiappacasse et al., 2012), por ende, conocer el estado silvícola de los bosques degradados, permite identificar los tratamientos más adecuados asegurando el éxito de la restauración forestal.

Turcheto et al. (2020) identificaron el desempeño de especies forestales nativas cultivadas bajo dos modelos de plantación y diferentes practicas silvícolas en un área riparia degradada en el

extremo sur del bioma del bosque atlántico. Sus resultados indican que el uso de prácticas silvícolas intensivas en plantaciones de restauración maximizó las tasas de supervivencia de los árboles, la altura y el crecimiento del tallo, y proporciona mejores valores para los atributos fisiológicos.

Latterini et al. (2023) indican que los bosques tropicales de edades irregulares, la tala selectiva y la forestación de retención son las opciones más adecuadas para mantener la biodiversidad de los árboles. El aclareo y el desbroce ayudan a gestionar la biodiversidad, mientras que el aclareo intensivo ayuda a cambiar la composición de especies.

Estudios relacionados con el manejo de la regeneración natural, indican que las plantas cercadas, exhiben mayor tasa de supervivencia, altura, número de hojas, mayores diámetros de cuello de raíz, áreas foliares más grandes; en efecto el cercado mejora el establecimiento y desarrollo de las plantas. (Birhane et al., 2024; Patiño et al., 2021) Otros estudios indica que aquellas plantaciones que se instalan bajo la copa de arbustos permiten un mejor desarrollo, debido que brinda protección y un microclima adecuado para su crecimiento. (Aerts et al., 2007; Alday et al., 2017; Damte et al., 2024).

En contexto, es importante conocer la silvicultura del bosque para identificar tratamientos adecuados y potencialidades de restauración forestal, para ello, se plantea el muestreo diagnóstico como una herramienta eficaz y de bajo costo, propuesto por (Hutchinson, 1993), quien la describe como una operación intencionada para estimar la productividad de un rodal, provee de una hipótesis con la que se trabajará. Algunos de los resultados se expresarán en instrucciones precisas en campo para las operaciones silviculturales.

Con lo antes descrito, al iniciar actividades de restauración forestal, se recomienda realizar el diagnóstico silvicultural del bosque degradado; por ende, la presente investigación plantea el siguiente objetivo: determinar el potencial de restauración de un área natural protegida: estado silvícola actual y tratamientos para la recuperación de una zona forestal degradadas, aplicando el muestreo diagnóstico como una herramienta rápida y eficaz.

METODOLOGÍA

Ubicación del área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicado, en el sector de Fernández en el área natural protegida (ANP), Coto de Caza El Angolo (CCEAN), distrito de Marcavelica, provincia de Sullana, departamento de Piura, en las coordenadas UTM, datum WGS 84: 516035 E; 9534727N, con una superficie de 396.43 ha (Figura 1).

Muestreo diagnóstico forestal

Para pronosticar potencialidades de los árboles productores de frutas, importantes en el manejo de fauna silvestre, como también para fines apícolas (los árboles que florecen), plantas medicinales y para otros tipos parecidos a los objetivos de manejo (Hutchinson, 1993).

El muestreo diagnóstico consistió en un muestreo lineal en transectos a lo largo de cada estrato o tipo de bosque, en unidades de registro (parcelas) de forma cuadrada. En el ecosistema bosque seco se ajustó la parcela con una dimensión de 5 m x 5 m. En cada parcela se evaluaron el individuo de una especie arbórea con las mejores características, denominado "deseable sobresaliente" o "líder".

El proceso metodológico es una adaptación al muestreo diagnóstico para silvicultura de bosques naturales del trópico húmedo (Hutchinson, 1993).

Diseño de muestreo diagnóstico forestal

La unidad de muestreo tuvo una superficie de 25 m², de forma cuadrada (5 m x 5 m), como se describe en la Figura 2.

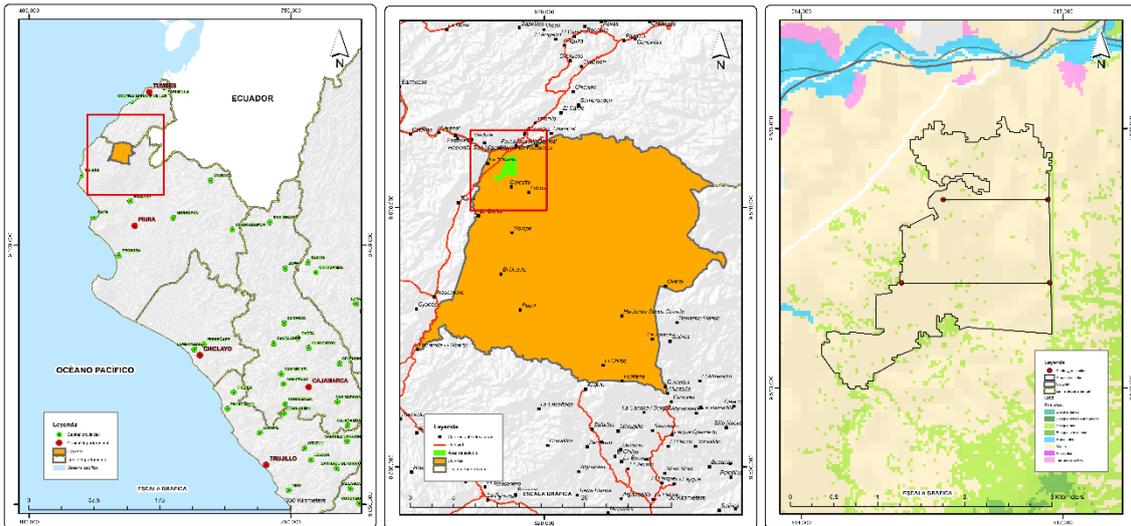


Figura 1. Ubicación política del área de estudio en el área natural protegida CCEAN.

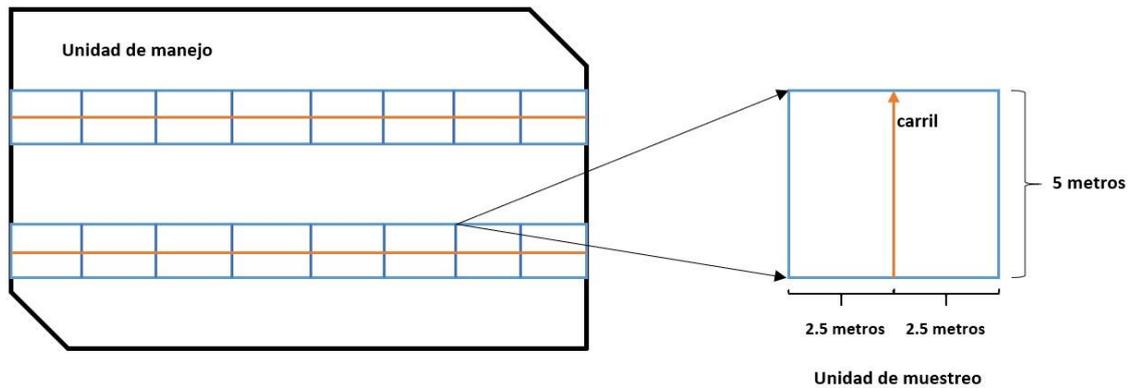


Figura 2. Diseño y distribución de unidades de muestreo.

Levantamiento y delimitación de unidades de muestreo

Se diseñaron dos transectos lineales, el primero tuvo una longitud de 1200 m, el segundo tuvo una longitud de 1700 m, sumando 2900 m, equivalente a 580 unidades de muestreo (Tabla 1).

Tabla 1
Coordenadas UTM de los transectos del muestreo diagnóstico

Transecto	Distancia (m)	Punto inicial UTM (E, N)	Punto final UTM (E, N)	Nº de parcela de muestreo
1	1 200	516687 9535148	515487 9535148	240
2	1 700	516846 9534216	515146 9534216	340

Selección de un deseable sobresaliente

La aplicación del muestreo diagnóstico gira en torno a la selección de un individuo (árbol, latizal o brinzal), deseable sobresaliente, dentro de un área de 25 m²; el deseable sobresaliente, se considera aquella especie forestal de alta importancia para ser utilizada en acciones de restauración; generalmente se priorizan a individuos que cumplan

algunas características; por ejemplo, que tenga un fuste recto, sanos sin deformaciones y presente una copa bien formada y vigorosa. Antes de iniciar el muestreo se elaboró una lista de especies deseables sobresalientes a restaurar en orden de importancia, estableciéndose la clasificación descrita en la Tabla 2.

Tabla 2
Clasificación de especies forestales según importancia

Nombre científico	Nombre común	Importancia
<i>Loxopterygium huasango</i>	hualtaco	1
<i>Caesalpinia paipai</i>	charán negro	2
<i>Bursera graveolens</i>	palo santo	3
<i>Colicodendrum scabridum</i>	sapote	4
<i>Eriotheca ruizii</i>	pasallo	5
<i>Neltuma piurensis</i>	algarrobo	6

Paso 1: El cuadrado tiene un árbol que satisface las normas requeridas de un deseable sobresaliente. Este árbol debe contar con los criterios descritos en la Tabla 3.

Tabla 3
Criterios de selección de fustales (Hutchinson., 1993)

N°	Criterios de selección
1	Fustal: DAP \geq 10 cm
2	Fuste: en prioridad debe ser un solo tronco, también se selecciona aquellos que tengan 2 a 3 ejes. Sano, libre de defectos y sin deformaciones.
3	Copa: bien formada y vigorosa

Paso 2: El cuadrado no contiene ningún árbol que sea aceptable como un deseable sobresaliente, ya sea por la especie, DAP, mala forma, mala copa o falta de vigor, pero sí contiene un latizal alto adecuado que cumple con los requisitos, descritos en la Tabla 4.

Tabla 4
Criterios de selección de latizales altos (Hutchinson., 1993)

N°	Criterios de selección
1	Especie: valor de importancia para restaurar.
2	Latizal alto: 5 cm \leq DAP < 10 cm
3	Fuste: en prioridad debe ser un solo tronco, también se seleccionan aquellos que tengan 2 a 3 ejes. Sano, libre de defectos, deformaciones y sin ramas pesadas.
4	Copas: bien formada y vigorosa

Paso 3: El cuadrado no contiene ningún árbol ni latizal alto que sea aceptable como deseable sobresaliente, ya sea por la especie, DAP, mala forma, mala copa o falta de vigor, pero sí contiene un latizal bajo adecuado que cumple con los requisitos señalados en la Tabla 5.

Tabla 5
Criterios de selección de latizales bajos (Hutchinson., 1993)

N°	Criterios de selección
1	Especie: valor de importancia para restaurar.
2	Latizal bajo: DAP < 5 cm y altura > 1.5 m
3	Fuste: en prioridad debe ser un solo tronco, también se seleccionan aquellos que tengan 2 a 3 ejes. Sano, libre de defectos y deformaciones y sin ramas pesadas.
4	Copas: bien formada y vigorosa

Paso 4: El cuadrado no contiene ningún árbol ni latizal que sea aceptable sobresaliente, pero sí contiene un brinzal apropiado que cumple con los requisitos señalados en la Tabla 6.

Tabla 6
Criterios de selección de brinzales (Hutchinson., 1993)

N°	Criterios de selección
1	Especie: valor de importancia para restaurar
2	0,30 m < Altura < 1,5 m
3	Fuste: prioridad debe ser recto y sin daños no defectos visibles. También se seleccionan aquellos fustes de 2 a 3 ejes.
4	Copas: bien formada y vigorosa

Paso 5: El cuadrado no contiene ningún árbol, latizal ni brinzal apropiado que pueda ser seleccionado como deseable sobresaliente. Sin embargo, puede presentar dos situaciones, como se describe en la Tabla 7.

Tabla 7
Situaciones al momento de evaluación en campo (Hutchinson., 1993)

Situación "A"	Situación B
El cuadrado no contiene ninguna planta que califique como deseable sobresaliente, pero se considera como deseable productivo.	El cuadrado no contiene ninguna planta que califique como deseable sobresaliente por la mala calidad del sitio.

Parámetros de evaluación

Cada deseable sobresaliente es calificado según categorías y parámetros establecidos. Estos parámetros permitieron determinar o inferir la cantidad, calidad y estado de la vegetación.

Diámetro a la altura del pecho DAP (cm): se mide, con aproximación al centímetro, se realiza con la cinta diamétrica. La medición se hizo a la altura del pecho, equivalente a 1,3 metros de altura con respecto al nivel del suelo.

Iluminación de copa: La evaluación consiste en cómo recibe la luz solar la copa del árbol. Clasificar la iluminación de copa ayuda a indicar el tipo y la urgencia del tratamiento silvicultural o determinar si la planta está en riesgo de muerte. En la Tabla 8 y Figura 3 se establece una clasificación de iluminación dada por Dawkins (1958).

Tabla 8
Clasificación según iluminación de copas (Dawkins, 1958)

Clasificación	Descripción	Código
Plena iluminación o emergente	Copa recibe luz tanto arriba como por los lados, árbol en claro emergente.	1
Iluminación vertical	Copa recibe plena luz vertical, dosel superior.	2
Iluminación vertical parcial	Parte de la copa recibe luz vertical, dosel intermedio.	3
Luz lateral	Solo recibe luz lateral, dosel inferior.	4
No recibe luz	No recibe luz directa, sotobosque.	5

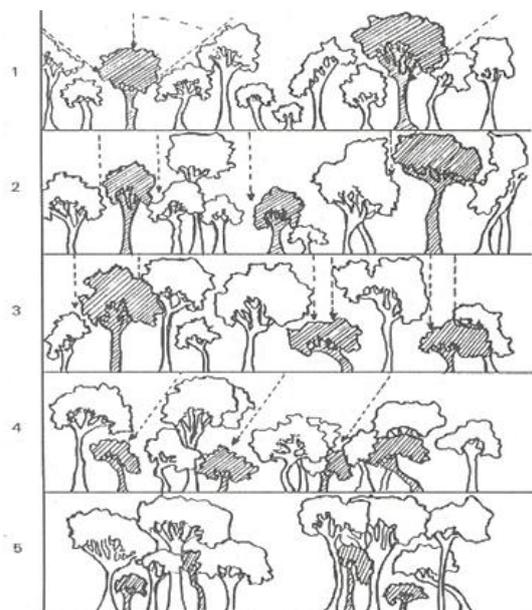


Figura 3. Tipos de iluminación de copa Dawkins (1958).

Forma de copa: La calidad de la copa se relaciona con el tamaño y estado de desarrollo del árbol y se correlaciona con el incremento potencial, lo que expresa como índice de calidad. En la Tabla 9 y Figura 4, se establece una clasificación de forma de copas, basado en Synnott (1979).

Tabla 9
Clasificación según forma de copa (Synnott, 1979)

Clasificación	Descripción	Código
Círculo completo	Aquella copa de árbol que es circular y simétrica (copa perfecta)	1
Círculo irregular	Aquella copa que es casi ideal. Es silviculturalmente satisfactoria, pero posee algún tipo de asimetría o muerte de algunas ramas (copa buena).	2
Medio círculo	Justo en el límite silvicultural satisfactorio, asimétrica o delgada, pero capaz de mejorar si se le da más espacio (copa tolerable)	3
Menos que medio círculo	Copa silviculturalmente no satisfactoria, fuerte asimetría, pocas ramas, muerte regresiva. Probablemente sobreviva (copa mala)	4
Solamente pocas ramas	Definitivamente suprimida, copa degenerada o fuertemente dañada. Probablemente no es capaz de crecer (copa muy mala)	5

Infestación por lianas o plantas parásitas: Se refiere si la planta presenta alguna afectación de lianas o plantas parásitas (Tabla 10 y Figura 5, Contreras et al.,1999).

Tabla 10
Clasificación según infestación de lianas o plantas parásitas

Descripción	Código
Libre de bejucos o plantas parásitas	1
Presencia de bejucos o plantas parásitas tanto en el fuste y copa	2
Presencia leve de bejucos o plantas parásitas tanto en el fuste y copa	3
Presencia en fuste y copa de bejucos y plantas parásitas (afecta crecimiento)	4

Las unidades muestrales (UM) que presentan algún deseable sobresaliente (DS), son áreas productivas; las unidades muestrales que no presentan ningún DS, pero tiene la capacidad de establecerse algún DS, son áreas potencialmente productivas, y finalmente aquellas unidades sin DS y no cuentan las condiciones para establecerse algún DS, son áreas no productivas. La Tabla 11 describe la calidad productiva en el área de estudio.

El 14% de las unidades de muestreo representa la calidad no productiva, estas se ubican en zonas donde no es posible establecerse algún deseable sobresaliente, como, por ejemplo: quebradas, rocas, entre otras. En el área de estudio este porcentaje equivale a 55,50 ha.

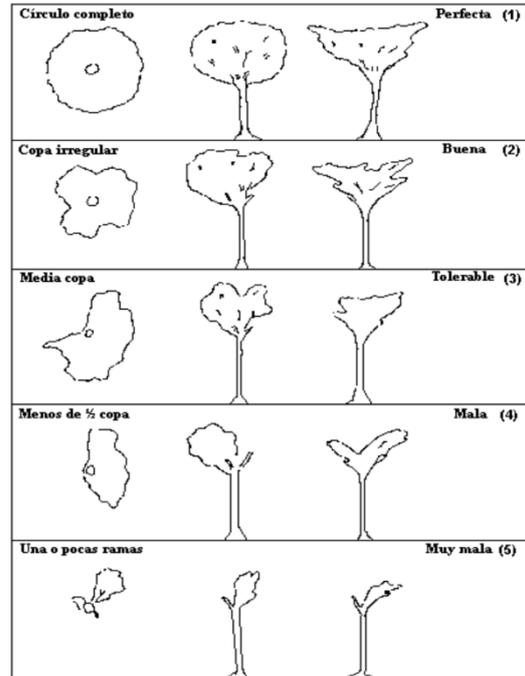


Figura 4. Clasificación según forma de copas Synnot. (1979)

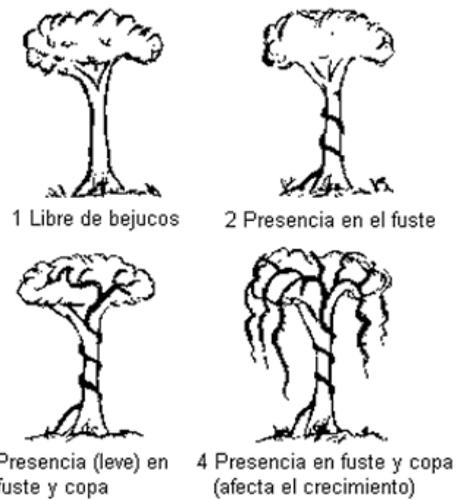


Figura 5. Grado de infestación de lianas y bejucos. Adaptado de Contreras et al. (1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 11
Calidad productiva del estrato matorral

Categorías	UM	Calidad productiva	
		(%)	Área (ha)
1. Productivo	90	16%	63,43
Brinzal	32	6%	23,79
Latizal bajo	10	2%	7,93
Latizal alto	7	1%	3,93
Fustal	10	7%	27,75
2. Potencialmente productivo	409	70%	277,50
3. No productivo	81	14%	55,50
Total	580	100%	396,43

El 70% de las unidades de muestreo, tiene una calidad potencialmente productiva, estas se ubican

en zonas donde es posible establecerse algún deseable sobresaliente. En el área de estudio este porcentaje equivale 277,50 ha.

Finalmente, el 16% de las unidades de muestreo presenta calidad productiva, significa que poseen algún deseable sobresaliente en las diferentes categorías. Con respecto a los brinzales, ocupa el 6% del total de las unidades de muestreo, equivalente a 23,79 ha; los latizales bajos, ocupa el 2% de las unidades de muestreo, equivalente a 7,93 ha; los latizales altos, ocupa el 1% de las unidades de muestreo equivalente a 3,93 ha y finalmente los fustales, ocupa el 7% de las unidades de muestreo, equivalente a 27,75 ha.

Los resultados indican el estado silvicultural del área degradada y permite identificar los mejores tratamientos de restauración, autores como (Turcheto et al., 2020; Latterini et al., 2023), señalan que las adecuadas técnicas silviculturales permiten acelerar la restauración de áreas degradadas, conllevando al crecimiento y establecimiento de especies nativas arbóreas; por consiguiente es importante elegir meticulosamente los tratamientos más óptimos, con relación al estado silvícola del bosque, datos que se obtienen aplicando el muestreo diagnóstico. Con respecto a la calidad potencialmente productiva, se recomienda aplicar tratamientos relacionados al enriquecimiento forestal, tomando como ejemplo investigaciones y experiencias de éxito, debido a los altos costos de los tratamientos.

La iluminación de copa ayuda a indicar el tipo de urgencia y tratamiento silvicultural en relación con la cantidad de luz que reciben sus copas; con respecto a los fustales el 71% de individuos reciben plena iluminación, mientras que el 29% reciben completamente iluminación vertical (Tabla 12). En general el 100% de las plantas en la categoría fustal se encuentran en condiciones óptimas de luz de acuerdo con la clasificación de Dawkins (1958).

En el caso de los latizales altos, el 71% de los individuos reciben iluminación plena, mientras el 29% recibe luz vertical (Tabla 12), en general el 100% de las plantas en esta categoría se encuentra en óptimas condiciones de luz.

Los latizales bajos, el 20% y 60% de las plantas recibe iluminación plena e iluminación vertical, mientras que el 20% recibe iluminación vertical parcial (Tabla 12). En general el 80% de las plantas en esta categoría se encuentra en óptimas condiciones de luz y el 20% recibe iluminación de manera deficiente.

Los brinzales, el 53% de las plantas reciben iluminación plena, el 25% iluminación vertical, y el 22% recibe luz iluminación vertical parcial. En general el 78% de las plantas en esta categoría se encuentra en condiciones óptimas de luz, mientras el 22% recibe iluminación de manera deficiente.

Estos resultados indican que las copas del dosel de las plantas se encuentran bien iluminadas, lo cual favorece al crecimiento, autores como Liao (2021) y Turchetto et al. (2020), resaltan que las especies emergentes tienen mayor crecimiento respecto a los árboles que reciben luz solar parcial. Con respecto a la regeneración natural diversos estudios indican que los niveles de aumento de luz pueden acelerar el crecimiento de las plántulas (Sangsupan et al., 2021; Tripathi et al., 2020; Hammond & Pokprný, 2020), los resultados señalan que las plantas reciben suficiente iluminación para desarrollarse en óptimas condiciones, sin la necesidad de realizar tratamientos relacionados a la liberación.

La forma de la copa tiene relación con el crecimiento de las especies forestales. De modo que a mayores crecimientos se obtienen en árboles con buena iluminación, copas circulares o copas simétricas y libres de lianas.

Los fustales, el 37% de los individuos presentan copas en forma de círculo completo, el 20% copas en forma de círculo irregular y el 43% copas en forma de medio círculo (Tabla 13). En general el 57% de las copas en esta categoría son buenas y perfectas, y el 43% son copas tolerables.

Los latizales altos, el 29% de los individuos presentan copas en forma de círculo completo, el 42% copas en forma de círculo irregular y el 29% copas en forma de medio círculo (Tabla 13). En general el 71% de las copas en esta categoría son buenas y perfectas, mientras que el 29% son copas tolerables.

Los latizales bajos, el 20% de los individuos presentan copas en forma de círculo completo, el 30% copas en forma de círculo irregular, y el 50% copas en forma de medio círculo (Tabla 13). En general el 50% de las copas son buenas y perfectas, mientras el otro 50% son copas tolerables.

Los brinzales, el 13% de los individuos presentan copas en forma de círculo irregular, 59% copas en forma de medio círculo y el 28% copas en forma de menos de medio círculo (Tabla 13). En general solo el 13% de los individuos de esta categoría presenta copas buenas, mientras el 87% de las copas son tolerables o malas copas.

Tabla 12

Condición silvicultural con respecto a la iluminación de copas para distintos estados de desarrollo de la vegetación

Iluminación de copas	Categorías de vegetación								
	Brinzal	%	Latizal bajo	%	Latizal alto	%	Fustal	%	Total
1. Plena iluminación o emergente	17	53%	2	20%	5	71%	37	90%	61
2. Iluminación vertical	8	25%	6	60%	2	29%	4	10%	20
3. Iluminación vertical parcial	7	22%	2	20%	0	0%	0	0%	9
4. Luz lateral	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0
5. No recibe luz	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0
Total	32	100%	10	100%	7	100%	41	100%	90

Tabla 13

Condición silvicultural con respecto a la forma de copas para distintos estados de desarrollo de la vegetación

Forma de copa	Categorías de vegetación								
	Brinzal	%	Latizal bajo	%	Latizal alto	%	Fustal	%	Total
1. Circulo completo		0%	2	20%	2	29%	15	37%	19
2. Circulo irregular	4	13%	3	30%	3	42%	8	20%	18
3. Medio circulo	19	59%	5	50%	2	29%	18	43%	44
4. Menos que medio circulo	9	28%	0	0%	0	0%	0	0%	9
5. Solamente que pocas ramas	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0
Total	32	100%	10	100%	7	100%	41	100%	90

Los resultados muestran a la categoría de fustal y latizal alto, en mayor porcentaje presentan copas perfectas y buenas, relacionado con una buena iluminación que contribuye al desarrollo óptimo del individuo, y se relaciona a los descrito por Galván et al. (2006), quienes señalan que el desarrollo del diámetro del fuste y diámetro de copa en asociación con la iluminación mejora el crecimiento del fuste. Arellano-Olano (2021) indica que todos los árboles que ocupan copas perfectas y buenas son aquellos que tienen mayor diámetro, característica de árboles semilleros.

Así mismo, es importante resaltar la relación entre iluminación y forma de copa, mientras los individuos presenten buena iluminación las copas serán más simétricas, así lo señala Freitas et al. (2021), quienes mencionan que la forma de la copa es una medida de salud y vigor de un árbol y ecológicamente las copas bien iluminadas tienen buena forma. En nuestros resultados indican que parte de los árboles evaluados, presentan copas irregulares o tolerables, y se relaciona a factores como enfermedades, heridas, ramas caídas, entre otros (Freitas & Flores, 2015).

La categoría de brinzal y latizal bajo presenta en mayor porcentaje copas tolerables o malas copas, debido a los daños mecánicos causados por el ganado caprino Cueva-Ortiz et al. (2020) y Otivo-Meza et al. (2015) afirman que la degradación de los bosques es ocasionada por el ganado caprino; para ello es necesario promover acciones de manejo forestal para garantizar a futuro mejoras en la cobertura forestal y número de árboles (Puecas et al., 2023).

Entre esos tratamientos o acciones se recomiendan realizar cercados, que impide afectaciones generadas por el ramoneo del ganado y mejora el desarrollo de las plantas (Birhane et al., 2024; Patiño et al., 2021).

En el caso de la regeneración que presenta copas perfectas y buenas, son aquellas que de manera natural se encuentran rodeadas por arbustos como el overo (*Cordia lutea*). Estudios relacionados a la restauración indican que la regeneración natural establecida bajo arbustos tiene mejor desarrollo, debido a que proporciona protección contra las cabras ramoneadoras, y genera condiciones micro-ambientales (Aerts et al., 2007; Alday et al., 2017; Damtew et al., 2024). Los resultados indica que los estratos de latizal bajo y brinzal necesitan urgentemente tratamientos relacionado a la protección y manejo de la regeneración natural.

Las plantas evaluadas no presentan afectaciones por lianas, bejuco o plantas parásitas

Según los resultados obtenidos, la regeneración natural, a pesar que reciben buena iluminación, están vienes siendo afectadas por el ramoneo del ganado caprino, generando daños mecánicos e impidiendo el desarrollo natural de la vegetación; las categorías de fustales y latizales altos, presentan individuos emergentes y con buena copa, siendo potenciales semilleros según sus características fenotípicas, así mismo el 70% del área en estudio, presentan una calidad potencialmente productiva, donde se pueden realizar acciones relacionadas al enriquecimiento forestal. Dichos tratamientos se describen en la Tabla 14.

Tabla 14

Tratamientos silviculturales para la restauración de bosques

Tratamientos	Descripción
Manejo de la regeneración natural	Consiste en proteger la regeneración natural mediante cercos y realizar actividades para mejorar su desarrollo (limpieza, deshierbe, riego, entre otros) (AIDER, 2017) En el área de estudio, este tratamiento ocuparía el 8%, con una superficie de 31,72 ha. Aplica a las categorías de brinzal y latizal bajo. Este tratamiento permitirá mejorar el desarrollo de las plantas en las categorías de brinzal y latizal bajo, evitando daños mecánicos ocasionado por el ganado caprino.
Manejo de árboles semilleros	Los árboles semilleros, son individuos seleccionados por sus características fenotípicas y sanitarias, deseables para su conservación y permita garantizar la regeneración de especies forestales de interés. (SEFOR, 2016). En el área de estudio, este tratamiento aplica en el 8% con una superficie de 31,68 ha. Aplica en las categorías de fustal y latizal alto. Este tratamiento permite la producción de semillas de calidad, para garantizar el repoblamiento forestal; dichas semillas pueden ser utilizadas para la producción de plantones en vivero.
Enriquecimiento forestal	Consiste en aumentar la densidad de especies de valor ecológico y social, mediante trasplante de especies clave (reforestación) o siembra directa de semillas, de esta manera permite incrementar el valor ecológico y social del área (Román et al., 2018). En el área de estudio, este tratamiento ocuparía el 70% con una superficie de 277,50 ha. Este tratamiento permitirá aumentar la densidad poblacional de las especies claves mediante actividades de siembra directa de semillas o trasplante de plantones.

CONCLUSIONES

El muestreo de diagnóstico permite determinar el estado silvícola del bosque, y con los resultados e información obtenida se propone planes y estrategias con tratamientos adecuados para la recuperación del bosque. En el sector de Fernández, en el ANP CCEAN, los resultados indican que el 70 % del área de estudio tiene potencial para desarrollar tratamientos de enriquecimiento forestal, además el 16 %, está ocupado por algún deseable sobresaliente, donde presentan una buena iluminación en relación con copas simétricas, según estas características, el tratamiento adecuado es la identificación de árboles semilleros en las categorías de latizal alto y fustal.

Con respecto a las categorías de brinzal y latizal bajo, a pesar de recibir buena iluminación gran

parte de la regeneración, presenta copas tolerables o malas, generado por el ramoneo del ganado caprino, para reducir estos impactos se sugiere realizar tratamientos de manejo de la regeneración natural, mediante la instalación de cercos de protección.

Finalmente, de la información generada se ha contribuido con una herramienta que permite diseñar y planificar proyectos de índole sostenible en el ecosistema bosque seco; siendo eficaz y de bajo costo para su aplicación en la restauración ecológica.

Se recomienda establecer el monitoreo y evaluaciones periódicas de los tratamientos, con el fin de determinar la eficacia de las acciones en campo, base para el diseño y formulación de proyectos de restauración.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral (AIDER) por el apoyo técnico y logístico, a la jefatura del CCEAN (SERNANP) por permitir desarrollar esta investigación en el ámbito del área natural protegida.

A la Universidad Nacional de Tumbes, Escuela de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, ente académico, por la asesoría técnica de docentes y participación de estudiantes en esta temática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aerts, R., Negussie, A., Maes, W., November, E., Hermy, M., & Muys, B. (2007). Restoration of Dry Afromontane Forest Using Pioneer Shrubs as Nurse-Plants for *Olea europaea ssp. Cuspitate*. *Restoration Ecology*, 15(1), 129-138. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2006.00197.x>
- AIDER, (2017). Manual de buenas prácticas de manejo forestal sostenible para el bosque seco tropical. Documento de trabajo. Lima, Perú.
- Alday, J. G., Zaldívar, P., Torroba-Balmori, P., Fernández-Santos, B., & Martínez-Ruiz, C. (2017). Mecanismos implicados en la regeneración forestal (natural e inducida) en el norte peninsular: siembra, plantación, facilitación y herbívora. 7º Congreso Forestal Español.
- Arellano-Olano, W. (2021). Determinación del potencial de madera comercial y la naturaleza de los tratamientos silviculturales, utilizando el muestreo de diagnóstico. Lima. Universidad Agraria La Molina.
- Aronson, J., Goodwin, N., Orlando, L., Eisenberg, C., & Cross, A. T. (2020). A World of possibilities: six restoration strategies to support the United Nation's Decade on Ecosystem Restoration. *Restoration Ecology*, 28(4), 730 - 736. <https://doi.org/10.1111/rec.13170>
- Barboza, E., Salazar, W., Gálvez-Paucar, D., Valqui-Valqui, L., Saravia, D., Gonzales, J., Aldana, W., Vásquez, H.V., & Arbizu, C.I. (2022). Cover and Land Use Changes in the Dry Forest of Tumbes (Perú) Using Sentinel-2 and Google Earth Engine Data. *Environmental Sciences Proceedings*, 22(1), 2. <https://doi.org/10.3390/IECF2022-13095>
- Birhane, E., Tesfay, A., Damtew, A., Girmay, Z., Gidey, T., & Bongers, F. (2024). Fencing improves the establishment and growth of *Boswellia papyrifera* (Del.) Hochst wildlings. *Journal of Tropical Ecology*, 40(e9), 1-8. <https://doi.org/10.1017/S0266467424000075>
- Contreras, F., Leañó, C., Licona, J.C., Dauber, E., Gunnar, L., Hager, N., & Caba, C. (1999). Guía para la instalación de evaluación de parcelas permanentes de muestreo (PPMs). BOLFOR-PROMABOSQUE, Santa Cruz, Bolivia.
- Cuentas Romero, M.A., & Salazar Toledo, A. I. (2017). De la especie al ecosistema; del ecosistema a la sociedad: revalorizando el algarrobo (*Prosopis pallida*) y el reto de su conservación en Lambayeque y en la costa norte del Perú. *Espacio y desarrollo*, (30), 129-159. doi: <https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.201702.006>
- Cueva-Ortiz, J., Espinosa, C.I., Aguirre-Mendoza, Z., Gasmán-Montalván, E., Weber, M., & Hildebrant, P. (2020). Natural regeneration in the tumbesian dry forest: Identification of the drivers affecting abundance and diversity. *Scientific Reports*, 10, 9786. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66743-x>
- Damtew, A., Birhane, E., Messier, C., Paquette, A., & Muys, B. (2024). Shading and species diversity act as safety nets for seedling survival and vitality of native trees in dryland forests: implications for restoration. *Forest Ecology and Management*, 552, 121559. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121559>
- Depenthal, J., & Meitzner Yoder, L. S. (2018) Community Use and Knowledge of Algarrobo (*Prosopis pallida*) and Implications for Peruvian Dry Forest Conservation. *Tropical Journal of Environmental Sciences*, 52(1), 49-70. <http://dx.doi.org/10.15359/rca.52-1.3>
- Dawkins, H. C. (1958). The management of natural tropical high forest with special reference to Uganda. Institute Paper N° 34. *Imperial Forestry Institute*.
- Edwards, D. P., Cerullo, G. R., Chomba, S., Worthington, T. A., Balmford, A. P., Chazdon, R. L., & Harrison, R. D. (2021). Upscaling tropical restoration to deliver environmental benefits and socially equitable outcomes. *Current Biology*, 31, 1326-1341. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.08.058>
- FAO. (2021). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020 - Informe, Roma. <https://doi.org/10.4060/ca9825es>
- Freitas, L., & Flores, H. (2015). Condición silvicultural de la palmera *Mauritia flexuosa L.f.* en el ecosistema "Aguajal" de Parinari, Loreto, Perú. *Folia Amazónica*, 24(1), 155-162. <https://doi.org/10.24841/fa.v24i2.73>
- Freitas, L., Zárate, R., Del Castillo, D., Dávila, A., Villacorta, C., & Benavides, J. (2021). Silvicultura de un rodal de regeneración natural de *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook.f. ex K.Schum (Rubiaceae) en la llanura aluvial inundable de Iquitos, Amazonía Peruana. *Folia Amazónica*, 30(1), 71-86. <https://doi.org/10.24841/fa.v30i1.545>
- Gao, Y., Skutsch, M., Paneque-Gálvez, J., & Ghilardi, A. (2020). Remote sensing of forest degradation: a review. *Environmental Research Letters*, 15(10), 103001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abaad7>
- Galván, O., Louman, B., Galloway, G., & Obando, G. (2006). Efecto de la iluminación de copa en el crecimiento de *Pentacletra macroloba* y *Goethalsia meiantha*: implicaciones para la silvicultura de bosques tropicales húmedos. *Recursos Naturales y Ambiente*, 117 -126.
- Hammond, M. E., & Pokorný, R. (2020). Preliminary assessment of effect of disturbance on natural regeneration in gaps of different sizes. *Journal of Forest Science*, 66(5), 185-196. <https://doi.org/10.17221/25/2020-JFS>

- Hutchinson, I. D. (1993) Puntos de partida y muestreo diagnóstico para la silvicultura de bosques naturales del trópico húmedo. Serie Técnica. Informe Técnico N° 204, CATIE, Turrialba.
- Latterini, F., Mederski, P. S., Jaeger, D., Venanzi, R., Tavankar, F., & Picchio, R. (2023). The influence of various silvicultural treatments and forest operations on tree species biodiversity. *Current Forestry Reports*, 9(2), 59 - 71. <https://doi.org/10.1007/s40725-023-00179-0>
- Liao, G. (2021). Influencia de la iluminación de copa y clase de bosque sobre el crecimiento de las especies forestales de Varillal seco, 2020. Iquitos. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.
- MINAM. (2015). Estrategia Nacional Sobre Bosques y Cambio Climático. Lima.
- Otivo-Meza, J., Otivo-Barreto, J., & Llanos-Aguilar, M. (2015). Análisis de la cobertura vegetal y la degradación del bosque tropical estacionalmente seco en el distrito de Lancones, Sullana, Piura.
- Patiño, J., Ramón, P., Guzmán-Montalván, E., Escudero, A., & De la Cruz, M. (2021). Fencing promotes fast recovery of demographic processes after grazing-driven collapse in *Bursera graveolens* forest. *Forest Ecology and Management*, 499(1), 1-12. <https://doi.org/10.3390/f15091565>
- Puecas, M., Herrera, E., Moscol, J., Hidalgo, E., & Huaman, W. (2023). *Bursera graveolens* en matorral desértico con fines de desarrollo forestal sostenible: Volumetría, inventario forestal y regeneración natural. *Revista Manglar*, 20(1), 23-29. <https://doi.org/10.57188/manglar.2023.003>
- Román, F., Mamani, A., Cruz, A., Sandoval, C., & Cuesta, F. (2018). Orientaciones para la restauración de ecosistemas forestales y otros ecosistemas de vegetación silvestre. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). Lima, 108.
- Sangsupan, H. A., Hibbs, D. E., Withrow-Robinson, B. A., & Elliot, S. (2021). Effect of microsite light on survival and growth of understory natural regeneration during restoration of seasonally dry tropical forest in upland northern Thailand. *Forest Ecology and Management*, 489, 119061. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119061>
- Schiappacasse, I., Nahuelhual, L., Vásquez, F., & Echeverría, C. (2012). Assessing the benefits and costs of dryland forest restoration in central Chile. *Journal of Environmental Management*, 97, 38-45. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.11.007>
- SERFOR. (2016). Lineamientos para la elaboración de la declaración de manejo para permisos de aprovechamiento forestal en comunidades nativas y comunidades campesinas. Resolución de dirección directiva N° 056-2016-SERFO-DE.
- Siyum, Z. G. (2020). Tropical dry forest dynamics in the context of climate change: syntheses of drivers, gaps, and management perspectives. *Ecological Processes*, 9(25). <https://doi.org/10.1186/s13717-020-00229-6>
- Synnott, T. (1979). Manual de procedimientos de parcelas permanentes para bosque húmedo tropical. Documentos forestales N° 14 Serie de apoyo académico N° 12. Universidad de Oxford. Trad. Juvenal Valerio. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Tripathi, S., Bhadouria, R., Srivastava, P., Devi, R. S., Chaturvedi, R., & Raghubanshi, A. S. (2020). Effects of light availability on leaf attributes and seedling growth of four tree species in tropical dry forest. *Ecological Processes*, 9(2). <https://doi.org/10.1186/s13717-019-0206-4>
- Turchetto, F., Araujo, M. M., Tabaldi, L. A., Griebeler, A. M., Rorato, D. G., Berghetti, A. L. P., Barbosa, F. M., Lima, M. S., Costella, C., & Sasso, V. M. (2020). Intensive silvicultural practices drive the forest restoration in southern Brazil. *Forest Ecology and Management*, 473, 118325. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118325>