



COMPORTAMIENTO DE LA REGENERACIÓN NATURAL ASISTIDA EN LA FINCA FORESTAL INTEGRAL 1 DE PARAGUAY, GUANTÁNAMO

BEHAVIOR OF THE ASSISTED NATURAL FOREST REGENERATION IN THE INTEGRAL FOREST PROPERTY 1 OF PARAGUAY, GUANTÁNAMO

YURIS RODRÍGUEZ MATOS^{1*}, JOSÉ SÁNCHEZ FONSECA¹,
WILMER TOIRAC ARGUELLES², EMIR FALCÓN OCONOR¹

¹Universidad de Guantánamo, Guantánamo, Cuba

²Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, La Habana, Cuba

*Autor para correspondencia: forestbaracoa@edicionescervantes.com

RESUMEN

La regeneración natural asistida (RNA) es una estrategia clave para restaurar áreas degradadas, especialmente en ecosistemas de bosque seco, donde las condiciones edafoclimáticas y la acción antrópica dificultan la recuperación natural. El estudio tuvo como objetivo evaluar la dinámica de la RNA en la Finca Forestal Integral 1, localizada en el municipio de Guantánamo, Cuba, entre octubre de 2021 y septiembre de 2022. Se realizaron inventarios florísticos en 20 parcelas (20 x 25 m), se consideraron parámetros dasométricos como altura y diámetro. Además, se aplicaron índices de valor ecológico y calidad de regeneración. El área de estudio presentó suelos aluviales alcalinos con elevada salinidad, además de un clima semidesértico con precipitaciones anuales de 673,6 mm y altas temperaturas promedio de 26,39 °C. Los resultados indicaron que la regeneración es representativa en especies como *Leucaena leucocephala*, *Lysiloma latisiliquum* y *Prosopis juliflora*, aunque con alta incidencia de especies invasoras que requieren manejo silvicultural. El Índice de Valor de Importancia Ecológica Ampliado destacó la adaptación de algunas especies, mientras que la calidad de la regeneración se clasificó como regular en el 90% de las parcelas, limitada por factores como la salinidad, el estrés hídrico y la compactación del suelo. El estudio concluyó que la RNA puede ser efectiva con un manejo sostenible que priorice el control de especies invasoras y el enriquecimiento de las áreas con especies autóctonas. Esto permitirá mejorar la estructura y funcionalidad del ecosistema a largo plazo.

Palabras clave: bosque seco, manejo silvicultural, biodiversidad, restauración forestal

ABSTRACT

Assisted natural regeneration (ANR) is a key strategy to restore degraded areas, especially in dry forest ecosystems, where soil and climate conditions and anthropic action hinder natural recovery. The study aimed to evaluate the dynamics of ANR in the Integrated Forest Farm 1, located in the municipality of Guantánamo, Cuba, between October 2021 and September 2022. Floristic inventories were carried out in 20 plots (20 x 25 m), dasometric parameters such as height and diameter were considered. In addition, ecological value and regeneration quality indices were applied. The study area presented alkaline alluvial soils with high salinity, as well as a semi-desert climate with annual rainfall of 673.6 mm and high average temperatures of 26.39 °C. The results indicated that regeneration is representative in species such as *Leucaena leucocephala*, *Lysiloma latisiliquum* and *Prosopis juliflora*, although with a high incidence of invasive species that require silvicultural management. The Expanded Ecological Importance Value Index highlighted the adaptation of some species, while the quality of regeneration was classified as regular in 90% of the plots, limited by factors such as salinity, water stress and soil compaction. The study concluded that RNA can be effective with sustainable management that prioritizes the control of invasive species and the enrichment of areas with native species. This will allow improving the structure and functionality of the ecosystem in the long term.

Keywords: dry forest, silvicultural management, biodiversity, forest restoration

Recibido: 01/12/2023

Aceptado: 01/3/2024

Conflictos de intereses: Los autores declaran que no existe conflicto de interés



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



INTRODUCCIÓN

La regeneración natural es un proceso dinámico esencial que permite predecir el futuro de la sucesión secundaria, particularmente en áreas abiertas o perturbadas. Este proceso se perfila como una estrategia eficaz para la restauración de áreas degradadas y deforestadas (Delgado et al., 2018). Es fundamental comprender la influencia de factores ambientales, como el agua y el suelo; factores espaciales, como la composición del paisaje; y factores humanos, como las prácticas de manejo y las preferencias de los ganaderos, sobre la dinámica de la regeneración natural. Estos elementos son clave para la recuperación de especies y bosques secundarios, especialmente si se considera la limitada información disponible sobre estos procesos en zonas degradadas de bosque seco (Chadzdon et al., 2022).

En sitios más abiertos, la mayor exposición a la luz, consecuencia de una menor densidad o cobertura de especies leñosas, puede favorecer el crecimiento de plántulas. No obstante, estas condiciones también exponen las plántulas a temperaturas más altas y a un mayor estrés hídrico en comparación con sitios sombreados. Además, en áreas abiertas con cobertura de herbáceas altas o arbustos, la germinación de semillas puede verse beneficiada, ya que estas plantas ayudan a retener la humedad por más tiempo, a diferencia de sitios con suelo desnudo, donde la evaporación es más rápida (Diaci et al., 2020).

La regeneración natural asistida (RNA) se encuentra en un punto intermedio entre el crecimiento espontáneo de los bosques y las intervenciones humanas, como la plantación de árboles. Este enfoque prioriza la eliminación de perturbaciones ambientales de origen humano, como el uso del fuego y la supresión de vegetación nativa, para facilitar la regeneración natural. Este proceso desempeña un papel fundamental en la dinámica forestal, ya que cada especie presenta adaptaciones ambientales y ecológicas específicas que favorecen la supervivencia de las plántulas y su desarrollo a partir de las semillas (Chadzdon et al., 2022).

En la Finca Forestal Integral 1, no se garantiza un equilibrio ecológico que promueva la adaptación de un mayor número de especies a las condiciones edafoclimáticas existentes. Por ello, resulta necesario evaluar la efectividad de la regeneración natural asistida como una estrategia para incrementar la estructura y composición del bosque en esta área.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio

La investigación se llevó a cabo en el municipio de Guantánamo, específicamente en la Finca Forestal Integral 1, perteneciente a la Empresa Agroforestal de la localidad de Paraguay. El estudio abarcó el período comprendido entre octubre de 2021 y septiembre de 2022,

en un área de 15 ha de un total de 34,5 ha. La zona de estudio forma parte de la Unidad Empresarial de Base Silvícola Guantánamo y está situada a partir del kilómetro 6 de la Carretera al municipio San Antonio del Sur, al sureste de Guantánamo. Las coordenadas exactas son 20°06'05,86" de latitud norte y 75°08'52,20" de longitud oeste, con una superficie de 95,76 ha distribuidas en los Lotes 15 y 16, como se ilustra en la Figura 1.

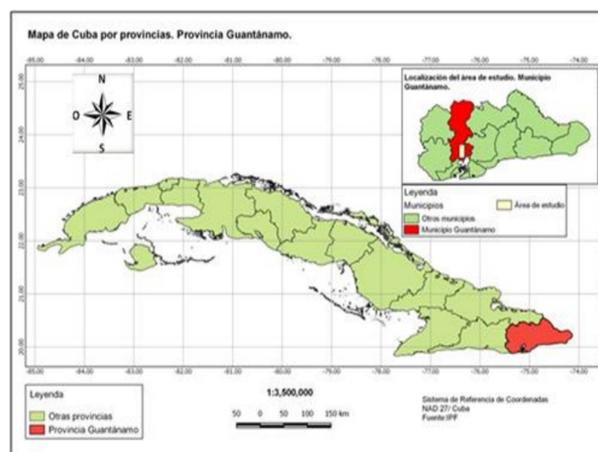


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Fuente (Falcón-Oconor et al., 2021)

Características edáficas

El análisis del suelo se realizó en el Laboratorio Provincial de Suelos de Guantánamo. Se determinó que las muestras corresponden a un suelo Aluvial (Fluvisol), según la clasificación empleada (Hernández et al., 2015).

Características físicas

La elevación capilar (EC) se clasificó como baja (94 - 30 mm/5h). El límite superior de plasticidad (LSP) mostró un comportamiento plástico, con valores que oscilaron entre 84,1 % y 90,95 %. La higroscopicidad seca al aire (hy) se evaluó entre baja y media.

Características Químicas

El pH en agua (H₂O) se clasificó como medianamente alcalino a alcalino (8,4-8,8), mientras que en KCl presentó un rango ligeramente alcalino. El suelo es carbonatado, con un contenido de carbonatos entre 21 % y 40 %. La capacidad de intercambio catiónico (Valor T) se evaluó como alta, y la relación Ca/Mg varió de baja a adecuada (1,77-4,0 Cmol·kg⁻¹).

Características climáticas

Los valores promedio mensuales de las variables climáticas para la localidad de Paraguay se presentan en la Figura 2. El climodiagrama, elaborado con datos

recopilados durante 10 años (2012-2022) en colaboración con el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, indica una precipitación anual muy baja de 673,6 mm. La evaporación es alta, alcanzó hasta 2300 mm anuales. El clima de la zona se clasifica como semidesértico, con una temperatura media anual de 26,39 °C y una humedad relativa promedio de 75 %.

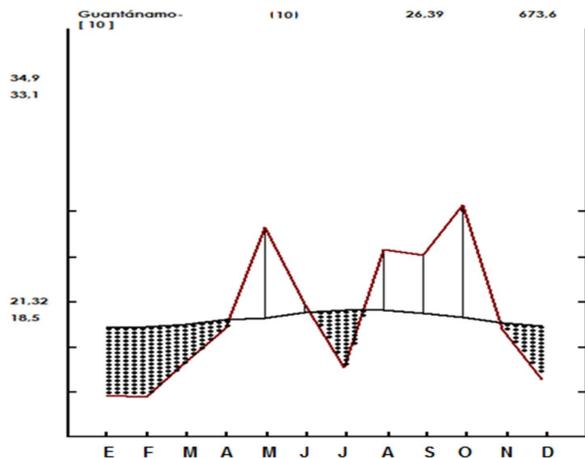


Figura 2. Climodiagrama del área de estudio.

Metodología empleada

Inventario Florístico

Se establecieron 20 parcelas de 20 x 25 m (500 m²) en el área de estudio, donde se registraron las especies presentes según el método descrito por Álvarez (2017), donde se les determinó la altura (h) mediante apreciación visual y se midió el diámetro (d) con una cinta diamétrica.

Para evaluar si el esfuerzo de muestreo fue suficiente para representar adecuadamente la comunidad vegetal, se analizó la curva de riqueza de especies. Esta curva, conocida como “curva del colector”, relaciona el número acumulado de nuevas especies con el número de parcelas muestreadas, lo que permitió estimar la representatividad del muestreo.

El índice de valor de importancia ecológica (IVIE) se calculó para cada especie presente en las parcelas. Este índice proporciona una medida de la relevancia ecológica de cada especie en la comunidad, que considera parámetros como la densidad, frecuencia y dominancia relativas (Aguirre-Mendoza, 2019).

$$IVIE = AR + FR + DR$$

Donde:

AR: Abundancia Relativa

FR: Frecuencia Relativa

DR: Dominancia Relativa

Posición Sociológica (PS)

Los datos de altura de los árboles se agruparon en tres sub-estratos de acuerdo a la metodología (Hosokawa, 1982):

Sub-Estrato inferior: de 0 a 0,5 m altura

Sub-Estrato medio: de 0,51 a 1 m de altura

Sub-Estrato superior: entre 1 m y 5 m de altura

Regeneración Natural

También se determinó la Posición Sociológica absoluta, relativa y el Valor Fitosociológico del sub-estrato:

$$PSa = VF(i) * n(i) + VF(m) * n(m) + VF(s) * n(s)$$

$$PSr = PSa / \sum PSr * 100$$

$$VF = n/N$$

Donde:

PSa: Posición sociológica absoluta

PSr: Posición sociológica reactiva

VF: Valor Fitosociológico del sub-estrato

n: número de individuos del sub-estrato

N: Número total de individuos de todas las especies

Para la regeneración natural se levantaron un total de 20 parcelas de 5m x 5m, anidadas a las parcelas de muestreo florístico, de acuerdo con la metodología empleada (Salgueiro et al., 2020):

- Etapa de diseminado: la altura de la planta es menor de 1 m.
- Etapa de Brinzales: 1 m - 5 m de altura.
- Latizal bajo: 6 - 10 cm de diámetro y altura en dependencia de la especie, 6 -15 m.
- Latizal alto: 12 - 20 cm de diámetro y altura de 10 -18 m.
- Fustal bajo: diámetro de 22 - 30 cm y la altura se evalúa en dependencia de la especie y las condiciones ecológicas del área, aunque debe ser algo mayor que en la de la etapa anterior.
- Fustal medio: diámetro de 32 - 48 cm y altura algo mayor que en el fustal bajo, pero solamente acosta de las ramas que forman la copa.
- Fustal alto: diámetro de los árboles es de 50 cm o más, este dependerá de la corpulencia específica, de las condiciones locales y del turno que se fije.
- AR: cantidad de individuos que divide al total de todos los individuos de todas las especies, multiplicado por 100.

Índice de Valor de Importancia Ampliado

$$IVIA = IVIE + PSr + RNr$$

Donde:

RNr: Regeneración Natural Relativa

Calidad de la regeneración natural

La calidad de regeneración natural (CRN) se evaluó de acuerdo a Torres (1975) citado por (Ramírez-Angulo et al., 2006):

$$CRN = \frac{B + 2R + 3M}{B + R + M}$$

Donde:

Bueno (B): Individuos con follaje abundante, color verde intenso de las hojas, fuste recto y apariencia sana de la planta.

Regular (R): Individuos con follaje mediano, color verde de las hojas, con presencia de color verde pálido y apariencia sana de la planta.

Malo (M): Individuos con poco follaje, color predominantemente verde amarillo de las hojas, fuste irregular y apariencia débil de la planta.

A escala de valores para la calidad de regeneración natural se presenta a continuación:

Excelente (E): 1,0 a < 1,4; Buena (B): 1,4 a < 1,8; Regular (R): 1,8 a < 2,5; Mala (M): 2,5 a 3,3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según la curva área-especie (Figura 3), el muestreo realizado es representativo de la diversidad de especies en el área de estudio. Esto se evidencia al alcanzar la asíntota a partir de la parcela 16, lo que indica que la mayoría de las especies ya fueron identificadas en las parcelas anteriores. De acuerdo con la tendencia de la curva obtenida, no se espera un incremento significativo en el número de especies identificadas con un mayor esfuerzo de muestreo.

Índice de Valor de Importancia Ecológica

En la Tabla 1 se presenta el comportamiento del Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE). Es relevante destacar que, aunque *Leucaena leucocephala* es la especie con el mayor valor de IVIE, se trata de una especie invasora. Por esta razón, es necesario aplicar tratamientos silviculturales para su control, ya que su presencia podría afectar negativamente la estructura del ecosistema.

Tabla 1. Comportamiento del índice de valor importancia ecológica

Mayor IVIE	%	Menor IVIE	%
<i>Leucaena leucocephala</i>	62,67	<i>Samanea saman</i>	16,01
<i>Azadirachta indica</i>	61,30	<i>Cordia alba</i>	5,01
<i>Prosopis juliflora</i>	52,32	<i>Crescentia cujete</i>	3,96
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	45,10	<i>Guazuma ulmifolia</i>	2,40
<i>Tamarindus indica</i>	25,91		

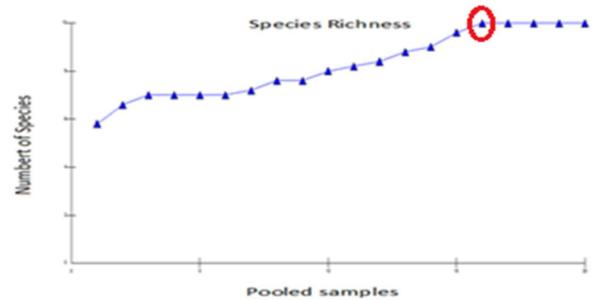


Figura 3. Curva área especie obtenida a partir del muestreo de la Finca Forestal Integral 1.

Los resultados coinciden con los valores informados por Alvea et al. (2022) quienes explicaron que las especies con un alto Índice de Valor de Importancia Ecológica muestran una mejor correspondencia con las condiciones edafoclimáticas del área. Estas especies tienen mayor abundancia, frecuencia y dominancia, lo que incrementa su probabilidad de sobrevivencia a corto, mediano y largo plazo. Asimismo, presentan un desarrollo más favorable tanto en la estructura horizontal como en la vertical, lo que fortalece su papel en los ecosistemas estudiados.

Posición Sociológica absoluta (PSa) de la Regeneración Natural:

En la Tabla 2 se presenta la posición sociológica de la regeneración natural. Las especies que mostraron el mejor desempeño al coincidir con los estratos inferior, medio y superior fueron *Leucaena leucocephala*, seguida por *Lysiloma latisiliquum* y *Prosopis juliflora*. Los datos revelan uniformidad en el desarrollo de las especies en los tres estratos, lo que evidencia su capacidad de adaptación a las condiciones edafoclimáticas del área de estudio. Esta uniformidad sugiere que estas especies poseen características favorables para aprovechar los recursos disponibles en el ecosistema y consolidar su presencia en diferentes niveles del bosque.

Tabla 2. Posición Sociológica (Ps) de la Regeneración Natural

Especies	Inferior	Medio	Superior	PSa
<i>S. saman</i>	6	8	13	0,111
<i>A. Indica</i>	87	98	139	15,105
<i>G. ulmifolia</i>	5	6	8	0,029
<i>C. cujete</i>	2	4	5	0,017
<i>L. leucocephala</i>	153	177	200	39,213
<i>P. juliflora</i>	69	110	184	20,992
<i>L. latisiliquum</i>	115	145	200	30,733
<i>T. indica</i>	36	65	108	7,113
<i>C. alba</i>	14	43	69	0,867
Total	485	656	863	114,180

Se observó un predominio de especies pertenecientes al estrato superior, las cuales presentan un alto valor ecológico y económico en relación con el área estudiada. Entre estas destacan *Prosopis juliflora*, *Lysiloma latisiliquum*, *Leucaena leucocephala* y *Azadirachta indica*, que son representativas en comparación con otras especies presentes, lo que evidencia su distribución en cada una de las zonas evaluadas. Este patrón es consistente con los resultados obtenidos por Salgueiro et al. (2020), quienes destacan que el comportamiento de las especies forestales varía según su desarrollo fisiológico y las condiciones edafoclimáticas, factores que contribuyen a un desarrollo óptimo según los requerimientos de luz y su integración en el ecosistema.

Índice de Valor de Importancia Ecológica Ampliado (IVIA)

La Tabla 3 presenta el Índice de Valor de Importancia Ecológica Ampliado (IVIA), donde se observa que las especies con mejores resultados fueron *Leucaena leucocephala*, *Azadirachta indica* y *Prosopis juliflora*. Este comportamiento se atribuye a su destacada adaptabilidad a las condiciones del área, favorecida por los tratamientos silvícolas aplicados, especialmente los raleos. Estos tratamientos se centran en eliminar especies de menor valor económico, lo que permite el crecimiento de aquellas que cumplen con el encargo estatal de la entidad y que contribuyen a un equilibrio ecológico más estable.

Tabla 3. Índice de Valor de Importancia Ecológica Ampliado (IVIA).

Especies	RNr (%)	PSr (%)	IVIA
<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merrill	17,11	0,001048	33,12
<i>Azadirachta indica</i> A. juss	0,51	0,137456	61,94
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. (1789)	3,91	0,000174	6,31
<i>Crescentia cujete</i> ; L.	1,54	0,000128	5,50
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) De Wit	1,12	0,324134	64,11
<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	0,40	0,197402	52,91
<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L) Benth Urb.	0,49	0,272075	45,86
<i>Tamarindus indica</i> (L)	1,93	0,066249	27,90

Nota: RNr: Regeneración Natural relativa; PSr: Posición Sociológica relativa; IVIA: Índice de Valor de Importancia Ecológica Ampliado.

Las especies *Leucaena leucocephala*, *Azadirachta indica*, *Prosopis juliflora* y *Lysiloma latisiliquum* muestran una buena importancia ecológica, al igual que *Tamarindus indica* y *Samanea saman*. Sin embargo, no es el caso de *Guazuma ulmifolia*, que requiere un trabajo continuo para mejorar su adaptación y desarrollo en el área. Este comportamiento resalta la necesidad de ajustar prácticas de manejo para optimizar su integración en el ecosistema.

Estos resultados coinciden con los informados por Chazdon & Brancalion (2019), quienes clasificaron la importancia ecológica de las especies mediante la utilización del Índice de Valor de Importancia Ecológica Ajustado (IVIA). Según estos autores, un IVIA inferior a 5 indica baja importancia ecológica, entre 5 y 14 se considera media, y superior a 15, alta. La recomendación principal es continuar el trabajo con las especies de baja importancia ecológica para promover su desarrollo y adaptación al ecosistema.

Regeneración Natural:

En la Tabla 4 se presentan las principales especies encontradas en la regeneración natural del área. Las especies con mejor desempeño fueron *Leucaena leucocephala*, seguida de *Lysiloma latisiliquum* (L), mientras que *Prosopis juliflora* tuvo una menor representación. Estos resultados reflejan diferencias en la capacidad de regeneración natural entre las especies y subrayan la necesidad de estrategias específicas de manejo para fortalecer la resiliencia ecológica del área.

Tabla 4. Principales especies de la Regeneración Natural Asistida en la Finca Forestal Integral 1.

Especies	Diseminado		Brinzal		Latizal bajo		Latizal alto	
	Clase I. Plantas nacientes <1 m de altura		Clase II. Plantas entre 1 y 5 m de altura		Clase III. Plantas entre 5 y 10 cm de diámetro		Clase IV. Plantas entre 11 y 20 cm de diámetro	
	Cant. Ind.	AR	Cant. Ind.	AR	Cant. Ind.	AR	Cant. Ind.	AR
<i>L. leucocephala</i>	64	13,06	45	25,13	13	41,94	50	0,61
<i>P. juliflora</i>	55	11,22	36	20,11	1	3,23	3	0,04
<i>L. latisiliquum</i>	36	7,34	35	19,55	4	12,90	5	0,06
<i>A. indica</i>	36	7,34	7	3,91	3	9,68	4	0,05
<i>T. indica</i>	15	3,06	14	7,82	2	6,45	3	0,04
<i>G. ulmifolia</i>	23	4,69	11	6,15	2	6,45	5	0,06
<i>S. samam</i>	10	2,04	13	7,26	3	9,68	7	0,09
<i>C. alba</i>	15	3,06	15	8,38	2	6,45	3	0,04
<i>C. cujete</i>	15	3,06	3	1,68	1	3,23	2	0,02
Total	490		179		31		82	

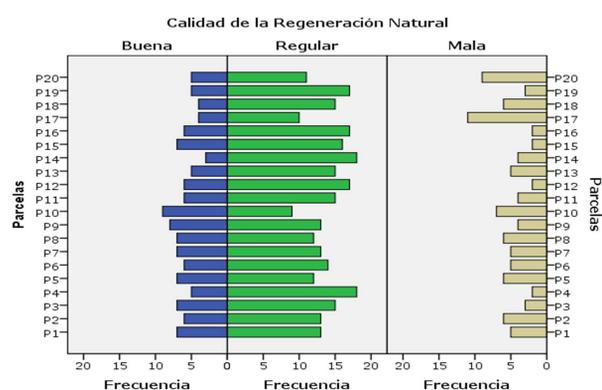
Al analizar el comportamiento de todas las especies, se observó que los resultados son bajos, lo que evidencia el grado de afectación del ecosistema. Esto resalta la necesidad de continuar aplicando un manejo sostenible que garantice el desarrollo estructural del bosque. Las estrategias recomendadas incluyen enriquecimientos en grupo, individuales y en hilera, junto con la eliminación de especies con bajo desarrollo. En los estados de latizal bajo y alto, todas las especies experimentaron una reducción de más del 50 % en el número de individuos al pasar del estado de diseminado a brinzal, con especies representativas como *L. leucocephala*, *P. juliflora*, *L. latisiliquum* y *A. indica*.

Estos resultados reflejan la incapacidad de algunas especies para ocupar estratos superiores o pasar a categorías mayores. Esto coincide con lo planteado por Juárez-Agis et al. (2017), quienes afirman que esta situación pone en riesgo la permanencia de las especies. No solo los factores antrópicos limitan el desarrollo y densidad, sino también las condiciones biológicas (como la incapacidad de crecimiento), físicas y naturales.

Resultados similares informaron Bonfil et al. (2022), quienes señalaron que la regeneración natural en bosques latifolios tropicales es problemática. Aunque a veces se desarrolla correctamente, tiende a estar dominada por especies de bajo valor económico. Según estos autores, cuando la regeneración natural se establece, es fundamental evaluar aspectos como cantidad y calidad, además de implementar un adecuado saneamiento y monitorear el estado de los árboles.

Calidad de la regeneración natural:

La calidad de la regeneración natural (Figura 4) fue calificada como regular en la mayoría de las parcelas evaluadas. Se observaron plántulas con características de calidad inferior, con poco follaje, fustes irregulares y una apariencia débil, lo cual refleja un desarrollo limitado

**Figura 4.** Histograma de frecuencia con los niveles de calidad de la regeneración.

en relación con las condiciones edafoclimáticas del sitio. A pesar de ello, no se detectaron daños causados por plagas o enfermedades, lo que refuerza la importancia de implementar planes de manejo preventivo para evitar futuras afectaciones.

Con respecto al coeficiente de calidad (Tabla 5), las plantas fueron categorizadas como regulares en la mayoría de las parcelas (90 %). El resto de las parcelas se clasificaron como de buena calidad (10 %) y mala calidad (5 %). Este comportamiento puede estar relacionado con la alta salinidad y compactación de los suelos, junto con la limitada diversidad de especies arbóreas. Estas condiciones se ven agravadas por las altas temperaturas y las escasas precipitaciones, lo que incrementa la fragilidad del área de estudio. Estos resultados coinciden con lo informado por Martínez-Muñoz et al. (2019), quienes, en un estudio realizado en España sobre regeneración natural asistida, identificaron que el estrés hídrico derivado de bajas precipitaciones y altas temperaturas representa un factor limitante para el crecimiento y desarrollo de la regeneración natural.

Tabla 5. Calidad de la regeneración natural asistida.

Calificación de la calidad de la regeneración					
Parcelas	Coficiente	Interpretación	Parcelas	Coficiente	Interpretación
P1	1,92	Regular	P11	1,92	Regular
P2	2,00	Regular	P12	1,84	Regular
P3	1,84	Regular	P13	2,00	Regular
P4	1,83	Regular	P14	2,04	Regular
P5	1,92	Regular	P15	1,80	Regular
P6	1,96	Regular	P16	1,84	Regular
P7	1,92	Regular	P17	2,51	Mala
P8	1,96	Regular	P18	2,08	Regular
P9	1,79	Buena	P19	1,92	Regular
P10	1,48	Buena	P20	2,16	Regular

De manera similar, Chadzdon et al. (2022) señalan que la calidad óptima de la regeneración tiene un impacto decisivo en la formación futura del recurso forestal. Una regeneración de alta calidad contribuye a una mayor resistencia frente a factores adversos como el suelo, el clima y las plagas. Además, esta calidad facilita la obtención de productos forestales en rotaciones más cortas, con volúmenes superiores y características mejoradas en términos morfológicos y de resistencia físico-mecánica.

CONCLUSIONES

1. Las especies que mostraron el mejor comportamiento según el Índice de Valor de Importancia Ecológica Ampliado (IVIA), según las condiciones edafoclimáticas y las técnicas de manejo silvicultural (enriquecimiento en grupo, individual y en hilera), fueron *Azadirachta indica*, *Prosopis juliflora*, *Lysiloma latisiliquum* y *Tamarindus indica*. Estas especies destacan por su adaptación a las condiciones del entorno y su capacidad de desarrollo bajo diferentes modalidades de manejo.
2. La calidad de la regeneración asistida fue evaluada como regular debido a las limitaciones ambientales que afectan el crecimiento y desarrollo de las especies. Estas condiciones adversas dieron lugar a individuos con características de calidad inferior, como un follaje escaso, fustes irregulares y una apariencia débil que refleja un desarrollo subóptimo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguirre-Mendoza, Z. H. (2019). *Métodos para medir la biodiversidad*. Universidad Nacional de Loja. https://www.academia.edu/43784264/M%C3%89TODOS_PARA_MEDIR_LA_BIODIVERSIDAD

Álvarez, P. A. (2017). *Sistemas Silvícolas*. Editorial Universitaria Félix Varela, La Habana.

Alves, J., Olivera, M., Chadzdon, R., Calmon, M., Pinto, A., Darvin, E., & Pereira, B. (2022). *The Role of Assisted Natural Regeneration in Accelerating Forest and Landscape Restoration: Practical Experiences from the Field*. <https://www.wri.org/research/assisted-natural-regeneration-case-studies>

Bonfil, C., Contreras-Rodríguez, V., & Barrales-Alcalá, B. (2022). El papel de las plantaciones y la regeneración natural en la recuperación inicial de la cobertura vegetal en una cantera en Morelos, México. *Acta botánica mexicana*, 129. <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1965>

Chadzdon, R., Calixto, B., Oliveira, M., Messinger, J., Alves, J., Calmon, M., & Anderson, W. (2022). *Los beneficios y el poder de la Regeneración Natural Asistida | Instituto de Recursos Mundiales (WRI)*. World Resources Institute. <https://es.wri.org/insights/los-beneficios-y-el-poder-de-la-regeneracion-natural-asistida>

Chadzdon, R., & Brancalion, P. (2019). Restoring forests as a means to many ends. *Science*, 365(6448), 24-25. <https://doi.org/10.1126/science.aax9539>

Delgado, D., Serrano, J. J., Vilchez, S., & Morales Aymereich, J. P. (2018). *Manual para el monitoreo ecológico y productivo de bosques secundarios latifoliados de Mesoamérica*. CATIE. <http://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/8986>

Diaci, J., Rozman, J., & Rozman, A. (2020). Regeneration gap and microsite niche partitioning in a high alpine forest: Are Norway spruce seedlings more drought-tolerant than beech seedlings? *Forest Ecology and Management*, 455, 117688. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117688>

Falcón-Oconor, E., Cobas-López, M., Bonilla-Vichot, M., Rodríguez-Leyva, O., Romero-Castillo, C. V., & Rodríguez-Leyva, E. (2021). Calidad de plántulas de *Swietenia mahagoni* L. Jacq. Producida en sustratos inoculados con hongo micorrízico arbuscular. *Revista de Ciencias Ambientales*, 55(2), 292-306. <https://doi.org/10.15359/rca.55-2.15>

- Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D., & Castro, N. (2015). *Clasificación de los Suelos de Cuba*. INCA.
- Hosokawa, R. T. (1982). Manejo sustentado de florestas naturais-aspectos econômicos, ecológicos e sociais. *Congresso Nacional sobre Essências Nativas, Campos do Jordão*, 72-1465.
- Juárez-Agis, A., Sánchez, S. G., Carbajal, X. O., & Torres, J. Z. (2017). Estructura y regeneración natural de *Peltogyne mexicana* en el Parque Nacional el Veladero, Acapulco, Guerrero / Structure and natural regeneration of *Peltogyne mexicana* in the Veladero Nacional Park, Acapulco, Guerrero. *CIBA Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 6(12), Article 12. <https://doi.org/10.23913/ciba.v6i12.70>
- Martínez-Muñoz, M., Gómez-Aparicio, L., & Pérez-Ramos, I. M. (2019). Técnicas para promover la regeneración del arbolado en dehesas mediterráneas. *Ecosistemas*, 28(3), 142-149. <http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/1798>
- Ramírez-Angulo, H., Ablan, M., Torres-Lezama, A., & Acevedo, M. F. (2006). Simulación de la dinámica de un bosque tropical en los llanos occidentales de Venezuela. *Interciencia*, 31(2), 101-109. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0378-18442006000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Salgueiro, P. A., Prach, K., Branquinho, C., & Mira, A. (2020). Enhancing biodiversity and ecosystem services in quarry restoration - challenges, strategies, and practice. *Restoration Ecology*, 28(1), 655-660. <https://doi.org/10.1111/rec.13160>