

Rehabilitación ecológica mediante plantas arbustivas y herbáceas en el sector este del Cerro Espíritu Santo, Naranjo, Costa Rica

Ecological rehabilitation through shrubby and herbaceous plants in the eastern sector of Cerro Espíritu Santo, Naranjo, Costa Rica

Douglas Hidalgo Cortés. Universidad Estatal a Distancia. San José. doughidal@gmail.com

Wilmar Ovares Villalobos. Universidad Estatal a Distancia. San José. wovares@uned.ac.cr

María Auxiliadora Zúñiga Amador. Universidad Estatal a Distancia. San José. mzunigaa@uned.ac.cr

RESUMEN: Las áreas degradadas necesitan técnicas relacionadas con la mejora en condiciones edáficas. Se evaluó el potencial que brindan las especies herbáceas y arbustivas para la implementación de técnicas de rehabilitación ecológica que permitan una mejora en el uso sostenible de los suelos. El lugar estudiado fue el sector este del Cerro Espíritu Santo, Naranjo (Costa Rica). Se aplicaron tratamientos en tres parcelas de 40 m² con dos especies arbustivas, *Lantana camara L.*, *Lasianthaea fruticosa (L.)* y una herbácea, *Musa x paradisiaca L.*; el tipo de siembra empleado fue de tresbolillo. Se evaluó el porcentaje de sobrevivencia, mejora del grado de acidez, control de erosión y porcentaje de humedad, por un periodo de 6 meses de agosto de 2020 a febrero de 2021. El porcentaje de sobrevivencia fue de un 100 % para las especies *Lantana camara L.* y *Musa x paradisiaca L.* El mejor desempeño en la disminución de acidez lo tuvo la especie *Lantana camara L.* con un 6.34 de pH de acidez. El mejor rendimiento en control de erosión fue el de *Musa x paradisiaca L.* La *Lasianthaea fruticosa (L.)* presentó mayor retención de humedad en el suelo. Se emplearon enmiendas a base de carbonato de calcio de 400 gramos y materia orgánica de 250 gramos. El potencial de rehabilitación ecológica de cada especie fue óptimo con respecto a las variables mencionadas, y cada una tuvo adaptabilidad al terreno degradado. Es necesario aportar abonos orgánicos como caballaza y gallinaza, eficientes en la fijación de fósforo y aporte de nitrógeno para acoplarse al suelo de tipo andisol.

PALABRAS CLAVE: Especies clave; Erosión del suelo; Técnicas de rehabilitación ecológica, Cerro Espíritu Santo, Costa Rica.

ABSTRACT: The degraded areas need techniques related to the improvement in edaphic conditions. The potential offered by herbaceous and shrubby species for the implementation of ecological rehabilitation techniques that allow an improvement in the sustainable use of soils was evaluated. The place studied was the eastern sector of Cerro Espíritu Santo, Naranjo (Costa Rica). Treatments were applied in three 40 m² plots with two shrubby species, *Lantana camara L.*, *Lasianthaea fruticosa (L.)* and a herbaceous one, *Musa x paradisiaca L.*; The type of sowing used was quincunx, for a period of 6 months from August 2020 to February 2021. Variables such as survival percentage, improvement in the degree of acidity, erosion control and humidity percentage in each plot were evaluated. The survival percentage was 100 % for the species *Lantana camara L.* and *Musa x paradisiaca L.* The best performance in reducing acidity was the species *Lantana camara L.* 6.34. The best performance in erosion control was that of *Musa x paradisiaca L.* *Lasianthaea fruticosa (L.)* presented higher moisture retention in the soil. Calcium carbonate-based amendments of 400 grams and organic matter of 250 grams were used. The ecological rehabilitation potential of each species was optimal with respect to the mentioned variables, they had adaptability to degraded terrain. It is necessary to provide organic fertilizers such as horse mackerel and chicken manure, efficient in phosphorus fixation and nitrogen supply, coupling to the Andisol-type soil.

KEYWORDS: Key species; Soil erosion; Ecological rehabilitation techniques, Espíritu Santo Hill, Costa Rica.

Recibido: 9-5-23 | Aceptado: 5-7-23

CÓMO CITAR (APA): Hidalgo Cortés, D., Ovares Villalobos, W., Zúñiga Amador, M.A. (2024). La rehabilitación ecológica mediante plantas arbustivas y herbáceas en el sector este del Cerro Espíritu Santo, Naranjo, Costa Rica. InterSedes, 25 (51), 1-15 . DOI 10.15517/isucr.v25i51.54678

Introducción

El estudio se realizó en el Cerro Espíritu Santo, el cual se ubica en el cantón de Naranjo, en la provincia de Alajuela, en la zona de vida Bosque Húmedo Premontano (bh-P) del oeste del Valle Central, a una altitud de 1230 msnm. Posee suelos del orden andisol franco arcilloso (Araya, 2018). En el área de estudio la precipitación anual ronda los 2 300 mm con un promedio anual de temperatura de 22 °C (Instituto Meteorológico Nacional, 2023). El sitio tiene una pendiente que varía entre 30 y 75 %, lo cual aumenta la erosión del suelo y causa pérdida de fertilidad (Araya, 2018).

En el Cerro Espíritu Santo se sembraron especies como la *Pinus oocarpa* y *Cupressus lusitanica*, que tiempo después se talaron para sustituirlas en 2013. No existió un programa estructurado que brindara una sustitución correcta, por lo que se suscitaron efectos aleopáticos por la acumulación de hojas de las especies que se cortaron, lo cual hizo que se diera una acidificación del suelo y erosión. (Méndez, 2022). Posteriormente, se dio la propagación de especies invasoras y los incendios forestales fueron parte de la degradación del ecosistema (Araya, 2018). A su vez, en 2017, el grupo Amigos del Cerro Espíritu Santo lideró el proyecto de rehabilitación ecológica del cerro con el apoyo de distintos colaboradores (Jiménez, M., comunicación personal).

Para la recuperación ecológica del sector este del Cerro Espíritu Santo es necesario implementar técnicas de rehabilitación ecológica a través de plantas herbáceas y arbustivas que mejoren las condiciones edáficas del área degradada. García (2018) se refiere a la sucesión ecológica como un procedimiento natural, que suscita una serie de cambios a nivel de comunidad ecológica. Estos procesos naturales también pueden ser inducidos por medio de técnicas y métodos de rehabilitación ecológica con el fin de alcanzar la resiliencia del ecosistema de una forma más rápida. A esto también se le denomina sucesión ecológica asistida (Pequeño et al., 2016). La SER (Society for Ecological Restoration) recomienda la restauración activa o asistida en aquellas zonas degradadas que no puedan alcanzar el equilibrio ecológico por sí solas (Gann, et al., 2019).

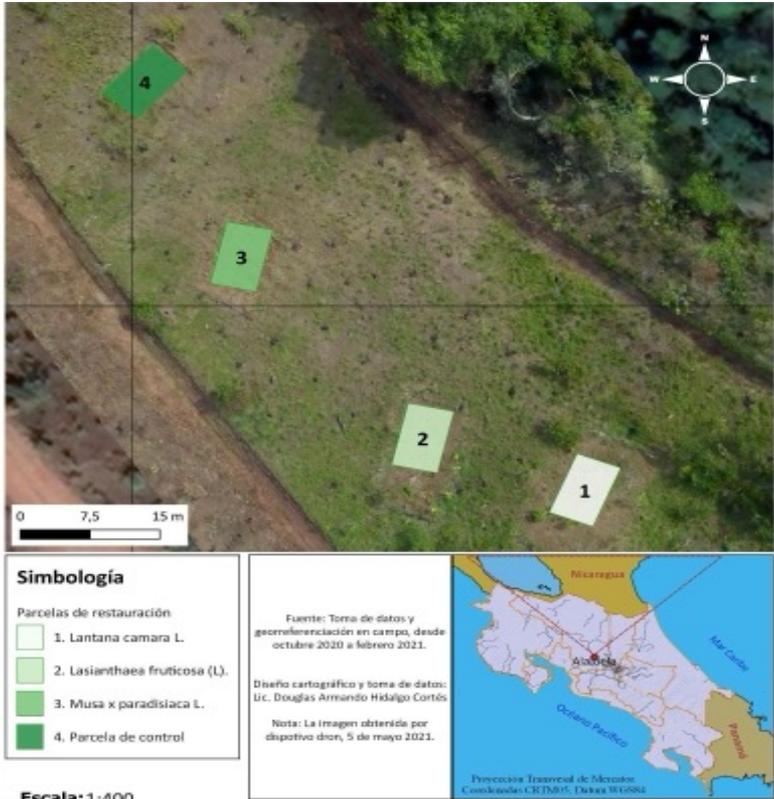
El estudio de procesos de revegetación y sucesión ecológica y las capacidades de plantas pioneras para ayudar al control de factores

como la erosión y la acidez del suelo es de gran importancia para el éxito de proyectos e iniciativas que buscan la restauración ecológica de áreas degradadas. Ante la realidad que afronta el Cerro Espíritu Santo, es necesaria una intervención de rehabilitación ecológica.

Metodología

La investigación se realizó con el propósito de evaluar el potencial de tres especies herbáceas y arbustivas que propicien la sucesión ecológica en la zona de estudio. Para seleccionar las especies con mayor capacidad de adaptarse a las condiciones climáticas y edáficas del lugar se consideraron cinco criterios: atributos ecológicos, altura de la planta, requerimiento lumínico, aporte a mejora del suelo y propagación vegetativa. Para la selección de las especies se siguieron los criterios establecidos por Vargas (2015). La suma de estos criterios se agrupó en tres categorías: bajo (7-8), medio (9-10) y alto (11-13). Con la matriz de criterios se valoró el aporte de cada especie para la rehabilitación ecológica. A cada una se le asignó un código numérico y fueron seleccionadas las tres con mejor desempeño. Se consideró un grupo inicial de 20 especies vegetales y una vez determinadas las de mayor potencial ecológico se emplearon en parcelas de experimentación en la zona de estudio. Se establecieron tres parcelas de 40 m², cada una con 8 metros de largo y 5 metros de ancho (Figura 1). Se sembraron 20 individuos de cada una de estas especies a una distancia aproximada de 106 cm en un sistema de plantación triangular o tresbolillo.

FIGURA 1:
 MAPA DE LA UBICACIÓN DE LAS PARCELAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.
 CERRO ESPÍRITU SANTO, NARANJO, ALAJUELA.



Fuente: Elaboración con la colaboración en el modelo cartográfico, Msc. Cristopher Mora Jiménez.

La utilización de enmiendas orgánicas como gallinaza y caballaza ha sido una solución para restaurar terrenos que son degradados y de esta forma mejorar sus propiedades químicas y físicas (Celestina et al., 2019). Se utilizaron 250 g de enmienda preparada a partir de tomar el estiércol al que se le fue adhiriendo césped cortado y aserrín, se esparció y mezcló, luego fue mojado de forma periódica y se dejó secar por 2 meses hasta ya tener la enmienda lista para emplearse como caballaza. También se emplearon 400 g de carbonato de calcio por planta, en una sola aplicación al momento de la siembra, con el fin de neutralizar la acidez del terreno.

Se contabilizó la cantidad de individuos sobrevivientes por parcela en un periodo de cinco meses para evaluar la erosión del suelo en el área de estudio. Se colocó una trampa de sedimentos en la parte inferior de cada una de las parcelas, la cual consistió en sacos de poliuretano y bolsas plásticas de 5 metros de ancho con el fin de retener sedimentos. La retención de humedad se determinó a partir de los sedimentos obtenidos de las trampas de erosión (Sosa, 2019). De los sedimentos obtenidos de las trampas de erosión, se recolectaron tres submuestras de 250 gramos por cada visita, las cuales se trasladaron al laboratorio para su análisis. Una vez realizada la siembra de todos los individuos y después de aplicar la enmienda de abono orgánico y carbonato de calcio, se empezó a medir la acidez del suelo de cada parcela. Para cada submuestra se determinó el grado de acidez por medio de peachímetro.

Resultados

Especies empleadas

Las especies que obtuvieron un mayor grado en la valoración de especies herbáceas y arbustivas fueron tres: la 7, *Lasianthaea fruticosa* (L.), con 11 puntos; 12, *Musa x paradisiaca* L, con 13 puntos; y 16, *Lantana camara* L., 1 punto y una herbácea.

Criterio	Variable	Escala	Especies de plantas herbáceas y arbustivas																				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Atributos ecológicos	Copa densa y extensa para producir sombra	1					1				1		1										
	Provee fruto y flor y alimento a fauna	2	2		2	2		2		2		2				2	2			2		2	
	Capacidad para crear hábitats y facilitar el desarrollo de otras especies	3		3					3					3				3	3			3	
Altura de planta	1 m-2 m	1	1	1	1	1	1	1															
	3 m-4 m	2	2						2	2		2		2			2						
	5 m-6m	3	3								3				3					3			
Requerimiento innmúnico	Esciófita total	1																					
	Esciófita total	2	2	2		2	2	2			2	2	2		2		2	2	2	2	2	2	2
	Heliófila	3			3				3					3		2							

Criterio	Variable	Escala	Especies de plantas herbáceas y arbustivas																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Propagación vegetativa	Estacas y trasplante-raíz	1										1	1		1		1		1	1	1	1
	Trasplante-raíz	2		2	2	2	2	2		2				2		1		2				
	Semillas	3	3	3								2										
Aporte a mejora del suelo	Aumento de humedad	1	1	1	1		1			1					1	1	1			1	1	1
	Producción de hojarasca	2				2		2				2	2						2			
	Control de erosión	3									3	3			3				3			
	Suma:		9	9	9	9	7	9	11	9	9	9	9	7	13	9	9	8	11	9	9	8

Potencial

Alto (11-13)

Medio (9-10)

Bajo (7-8)

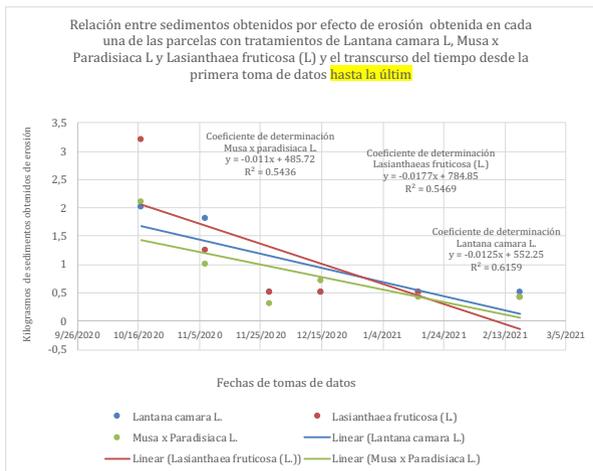
Fuente: Elaboración propia. Nota: Escala de valoración: siendo 1 la menos apta y 3 la más apta.

Evaluación de la erosión

La parcela donde se plantó la especie *Musa x paradisiaca L.* fue donde se colectó menos sedimento, con un promedio de 820 g por mes. Por su parte, la parcela con mayor cantidad de sedimentos corresponde a la especie *Lasianthaea fruticosa (L.)*, con un promedio de 1006 g, seguida de la especie *Lantana camara (L.)*, con 960 g en promedio. En el gráfico 1, se muestran los sedimentos obtenidos en porcentajes promedio de cada una de las parcelas, durante el periodo de octubre de 2020 a febrero de 2021.

GRÁFICO 1:

PROMEDIO EN KG DE SEDIMENTOS OBTENIDOS EN TRAMPAS DE EROSIÓN



Porcentaje de sobrevivencia

Se puede apreciar comparativamente un porcentaje de sobrevivencia alto (Gráfico 2) en las tres especies implementadas. Se alcanzó el 100 % en los tratamientos de *Lantana camara* (L.) y *Musa x paradisiaca* L., y un 65 % para *Lasianthaea fruticosa* (L.).

GRÁFICO 2:
PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA POR ESPECIE

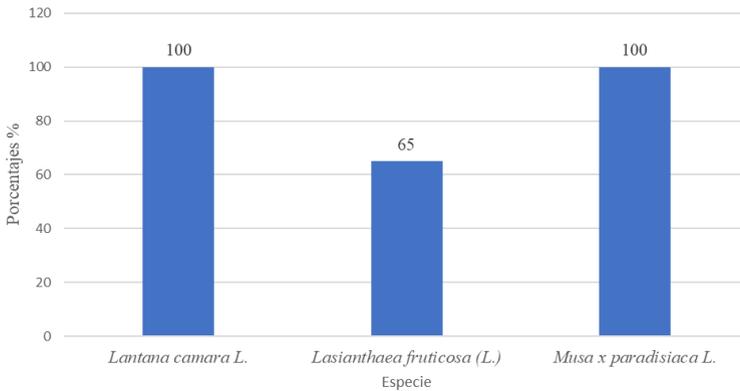
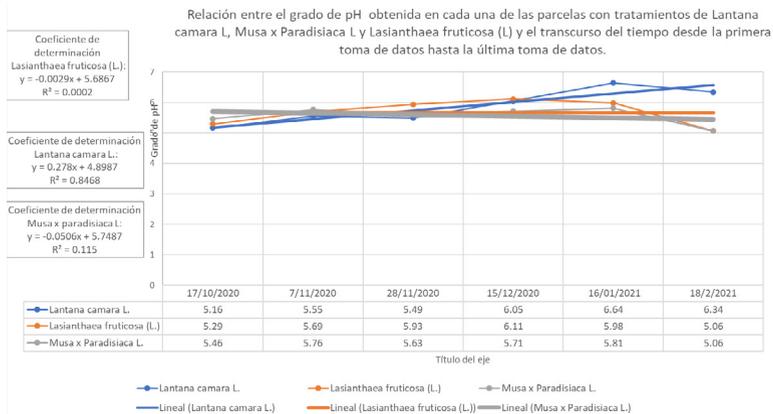


GRÁFICO 3:
PROMEDIO DEL GRADO DE ACIDEZ

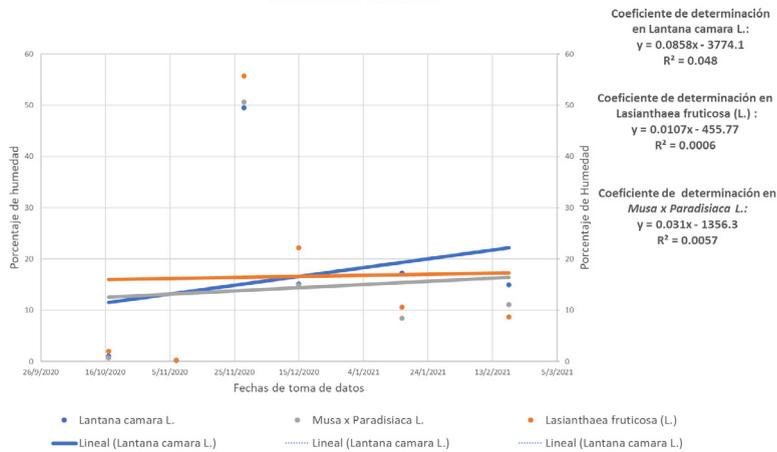


Porcentaje de humedad

La especie que tuvo un mejor desempeño en retención de humedad fue *Lasianthaea fruticosa* (L.), con un 16,72% de humedad; seguido por la *Lantana camara* (L.), con 16,36% y *Musa x paradisiaca* L., con un 14,31% (gráfico 4).

GRÁFICO 4:
PORCENTAJES DE HUMEDAD DE ESPECIES

Relación entre el porcentaje de humedad obtenida en cada una de las parcelas con tratamientos de *Lantana camara* L, *Musa x Paradisiaca* L y *Lasianthaea fruticosa* (L) y el transcurso del tiempo desde la primera toma de datos hasta la última toma de datos.



Potencial de rehabilitación ecológica de las especies utilizadas en el estudio

Según se muestra en la tabla 2, las especies que mostraron un mayor potencial de rehabilitación ecológica fueron *Lantana camara* L. en las variables de porcentaje de sobrevivencia y grado de acidez y *Musa x paradisiaca* L. con un mejor desempeño en sobrevivencia y control de erosión. La especie *Lasianthaea fruticosa* (L.) mostró una mayor capacidad para retención de humedad.

TABLA 2 :
COMPARATIVA DE CADA UNA DE LAS VARIABLES EVALUADAS DURANTE
LA INVESTIGACIÓN

Especie	Grado de erosión en kg (promedio)	Porcentaje de sobrevivencia (promedio)	Grado de acidez en pH (promedio)	Porcentaje de humedad (promedio)
<i>Lantana camra L.</i>	0.960	100% (+)	5,87 (+)	16.36
<i>Lasianthaea fruticosa (L.)</i>	1,060	65%	5,68	16,72 (+)
<i>Musa x paradisiaca L.</i>	0,82 (+)	100%	5,58	14,31

(+): Especie que obtuvo el mejor rendimiento en comparación con las otras dos que se utilizaron.

Discusión

El tratamiento donde se utilizó *Musa x paradisiaca L.* alcanzó el menor grado de erosión con respecto a las demás especies seleccionadas. La macolla tiene la característica de generar varias raíces durante las etapas de crecimiento, lo que permite un amarre al terreno (Martínez, Cayón y Ligarreto, 2016), esto la convierte en una especie idónea para mejorar terrenos con mucha pendiente. Además, esta especie herbácea retiene una considerable cantidad de humedad alrededor de sus raíces, de modo que mejora la estructura del suelo y le da más estabilidad al terreno (Zúñiga, 2016). La *Lasianthaea fruticosa (L.)* permite una mayor generación de sedimentos, debido a las características de sus raíces, las cuales no reducen sustancialmente la erosión. Lo anterior sucede al menos en las etapas tempranas de su desarrollo, ya que a diferencia de la *Musa x paradisiaca L.*, se sembró mediante estacas, que crecieron de manera más paulatina que la *Musa x paradisiaca L.* Esta especie de *Lasianthaea fruticosa (L.)* se ubicó en el segundo lugar en reducción de erosión y demostró ser una opción viable para implementar en áreas deterioradas.

El porcentaje de sobrevivencia de cada una de estas especies fue alto. *Lantana camara L.* y *Musa x paradisiaca L.* alcanzaron el 100 % de sobrevivencia. *Lasianthaea fruticosa (L.)*, por su parte, obtuvo un porcentaje de sobrevivencia del 65 %, lo cual coincide con los datos señalados por Zúñiga (2016), que rondan entre 28% y 64 %. *Lantana camara L.* se desarrolla mejor en áreas abiertas y en terrenos degradados (Díaz, Díaz y Vargas 2012), por lo

cual la zona de estudio posee las características óptimas para la propagación de esta especie. El género *Lantana* ha demostrado un mayor desarrollo de floración cuando las plantas están ante una mayor intensidad lumínica (Cadenas, 2015).

La primera parcela, con la especie *Lantana camara L.*, experimentó un aumento de pH desde 5,167 hasta 6,64, lo cual ubica a esta especie como la mejor para control de acidez. La segunda parcela, con *Lasianthaea fruticosa*, mostró un aumento desde 5,298 de pH hasta 6,11 lo cual la ubica como la segunda especie en importancia para control de acidez. En el caso de la tercera parcela, correspondiente a *Musa paradisiaca*, se dio un aumento menor en el grado de acidez, desde 5,06 hasta los 5,81 de pH. La presencia de suelo andisol hace que este sea un terreno ácido y difícil para la rehabilitación ecológica. Los andisoles suelen contener aluminio, el cual contribuye con la acidez (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, 2015). Las enmiendas orgánicas (caballaza y gallinaza) permitieron un mejor desarrollo de las plantas y constituyen una fuente muy importante de microorganismos necesarios para el crecimiento, además, aportan una importante cantidad de nitrógeno y fósforo (Casas y Guerra, 2020).

El grado de acidez se observó que disminuyó más en la parcela que tenía *Lantana camara L.* en comparación con las demás parcelas. El hecho de que la *Lantana camara L.* pueda crecer en diferentes zonas de vida evidencia que se adapta también en terrenos degradados con niveles de acidez altos y que consecuentemente con su propagación logra restablecer cierta cobertura vegetal del ecosistema de referencia, aminorando el grado de acidez durante su desarrollo. Las *Lantanas camara L.* se suelen encontrar desarrolladas en diferentes terrenos hasta una altitud de 1500 m.s.n.m, a lo largo de Centroamérica y Suramérica, y suele ser cobertor de diversos tipos de suelos (García, et al. 2019).

La *Lasianthaea fruticosa (L.)*, logró el mayor porcentaje de retención de humedad, con un promedio de 16,72 %, debido a su textura arbustiva y de defensa de cobertura vegetal en terrenos degradados contribuyó a retener la humedad. Sus propiedades mantienen la humedad en el terreno a partir de sus raíces, de ahí la obtención del mejor aumento de la humedad. Según Alvarado y Zúñiga (2015), este arbusto suele emplearse como defensa

de cobertura y suele desarrollarse en bosque húmedo o muy húmedo. Con respecto a la humedad, en el mes de noviembre de 2020 se experimentó un incremento de humedad de más del 50%. Esto se debió a condiciones climáticas que fueron causadas por el huracán Iota y su efecto sobre el territorio nacional (IMN, 2021). Posteriormente, se volvió a tener valores de porcentajes de humedad más apegados a los que inicialmente se mostraron en las primeras fechas de tomas de datos. *Lantana camara L.* tiene un alto potencial para la rehabilitación ecológica, pues obtuvo el mejor porcentaje de sobrevivencia, al igual que la *Musa x paradisiaca L.*, y el mejor rendimiento en reducción de la acidez. Debido a su aporte en control de erosión, disminución de acidez y alto porcentaje de sobrevivencia, es una planta idónea para utilizar en terrenos degradados y rehabilitación ecológica. Se debe sembrar acompañada de un fertilizante orgánico rico en fijación de fósforo y nitrógeno y también se puede acompañar de aplicaciones periódicas de carbonato de calcio para aminorar el grado de acidez del terreno.

Al igual que la *Lantana camara L.*, la *Musa x paradisiaca L.* obtuvo los mejores resultados en dos variables evaluadas. En el porcentaje de sobrevivencia alcanzó un 100 % y fue la especie que logró disminuir más la cantidad de sedimentos, con un promedio de 820 gramos (tabla 2). Por eso, es una especie que combate la erosión y resulta excelente para fortalecer el terreno y devolverle las condiciones originales ya que retiene altos porcentajes de humedad (Romero et al., 2010). Las musáceas son bastante tolerantes al déficit hídrico del suelo y pueden evaporar menos agua que otras plantas (Pérez, 2012). Por consiguiente, la *Musa x paradisiaca L.* beneficia la captación de humedad en el suelo y se adapta bastante bien para restablecer algunos de los servicios ecosistémicos en zonas degradadas. Con respecto a esta especie, es importante estar al tanto de posibles ataques de *Atta cephalotes*, ya que fue la única de las tres especies estudiadas que presentó un alto grado de herbívora, sobre todo en época de verano.

Lasianthaea fruticosa (L.) obtuvo un mayor potencial en cuanto al aporte de humedad. En eventuales intervenciones de rehabilitación ecológica en zonas muy degradadas y con problemas de incendios forestales o sequía, esta especie representa una buena opción debido a su adaptabilidad a este tipo de terrenos

y condiciones. A diferencia de las demás especies, es necesario utilizar más hojarasca y materia orgánica en esta planta con el fin de permitir un mejor desarrollo de su sistema radicular.

Conclusiones

Se deben tomar en cuenta otras consideraciones importantes, tales como realizar limpieza de maleza dentro del área de siembra, implementar líneas cortafuegos debido a los incendios periódicos y que las visitas con fines de monitoreo y seguimiento de estas parcelas de estudio se lleven a cabo de manera mensual. Ideal sería la participación de diferentes actores sociales para un involucramiento mayor en ese sentido, tales como colegios, universidades, asociaciones de desarrollo comunitario y organizaciones no gubernamentales.

Se caracterizaron las especies seleccionadas por poseer un sistema radicular fibroso, capaz de retener materia orgánica. Esto hizo que el arrastre de los nutrientes originados por la escorrentía de las lluvias fuese poca, ejemplo de ello fue la parcela sembrada con *Musa x paradisiaca L.*, la cual alcanzará el menor grado de erosión, con respecto a las otras especies seleccionadas, debido a que la macolla tiene la característica de generar varias raíces durante las etapas de crecimiento.

Para una rehabilitación ecológica eficiente, se podrían emplear estas tres especies de forma simultánea, ya que cada una mostró un buen desempeño en las variables analizadas; *Lasianthaea fruticosa (L.)* fue la más eficiente en retención de humedad, *Musa x paradisiaca L.* en control de erosión y *Lantana camara L.* para reducción de acidez. Es importante considerar el uso de especies herbáceas en proyectos de restauración ecológica en ecosistemas tropicales, ya que es evidente su eficiencia para el control de la erosión en laderas, sitios inestables y perturbados o con altos niveles de acidez. Además, las especies utilizadas se caracterizan por ser pioneras y altamente adaptables a las condiciones del medio natural, lo cual permite alcanzar los objetivos de restauración de una forma más eficiente, acorde con las necesidades del ecosistema a intervenir.

Agradecimientos

A la Sede Universitaria UNED Palmares por permitir el uso del laboratorio y equipo para el análisis de muestras de campo. Al Grupo Amigos del Cerro Espíritu Santo por su aporte en las técnicas de siembra y material vegetal utilizado. Al Msc. Christopher Mora Jiménez por su apoyo en la elaboración del mapa del área de estudio.

Referencias

- Alvarado, V. y Zúñiga, M. (2020). *Plantas Nativas para el control de la erosión*. Segunda edición. Cartago, Costa Rica, Editorial Tecnología de Costa Rica, 2020.
- Araya, D. (2018). *Propuesta estratégica de rehabilitación ecológica en sector este de Cerro Espíritu Santo en Naranjo, Alajuela*. San José, Costa Rica.
- Cadenas, W. (2015). *Evaluación de estereofón sobre el rendimiento de esquejes de exportación en variedades ornamentales de Lantana (Lantana camara)* [Tesis de grado]. Universidad Rafael Landívar.
- Casas, S., y Guerra, L. (2020). La gallinaza, efecto en el medio ambiente y posibilidades de reutilización. *Revista de Producción Animal*, 32(3), 87-102.
- Celestina, C., Hunt, J., y Franks, A. (2019). Attribution of crop yield responses to application of organic amendments: A critical review. *Soil & Tillage Research*, 186, 135-145.
- Díaz, A., Díaz, J. y Vargas, J. (2012). *Catálogo de plantas invasoras de los humedales de Bogotá* (J. O. Vargas Ríos, A. M. Díaz Espinosa y J. E. Díaz Triana, Eds.). Alcaldía Mayor, Secretaría Distrital de Ambiente.
- Gann, G., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C., Jonson, J., Hallett, J., Eisenberg, C., Guariguata, M., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., E., G., Shaw, N., Decler, K. y Dixon, K. (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration. *Restoration Ecology*, 27, S1-S46.
- García, A. (2018). Sucesión ecológica: definición, etapas y ejemplos. *Ecología Verde*. <https://www.ecologiaverde.com/sucesion-ecologica-definicion-etapas-y-ejemplos-1451.html>

- García, A., Aquino, M., Bouza, A., Groham, M., Herrera, A., Lafuente, M., Miguez, M., Scorza, V. & Chamerm, M. (2019). Sistema reproductivo y biología floral de Lantana camara (Verbenaceae) en una población ribereña del Río de la Plata. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 54: 29-42.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2021). *Datos del porcentaje de humedad promedio de la estación meteorológica de San Miguel, Naranjo (octubre, 2020- marzo 2021)*.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2023). *Clima del Valle Central*. <https://www.imn.ac.cr/web/imn/clima-en-costa-rica>
- Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. (2015). *Suelos de Costa Rica, Orden Andisol*. Retrieved 2013, from <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/Av-1828.PDF>
- Martínez, C., Cayón, G. y Ligarreto, G. (2016). Composición química y distribución de materia seca del fruto en genotipos de plátano y banano. *Corpoica Cienc Technol Agropecuaria*, 17(2), 217-227.
- Masis, J. (2017). *Establecimiento de parcelas de escorrentía para la estimación de la erosión hídrica generada por la actividad ganadera en la microcuenca del río santa rosa*, Guanacaste [Tesis de Licenciatura]. Tecnológico de Costa Rica, San Carlos, Costa Rica.
- Méndez, K. (2022). Diagnóstico del estado de sucesión ecológica en área de regeneración asistida en Cerro Espíritu Santo, Naranjo, Alajuela, Costa Rica. *Revista Environment & Technology*, 3 (1), 45-62. <https://revistaet.environmenttechnologyfoundation.org/index.php/envitech/article/view/87/46>
- Pequeño, M., Alanis, E., Jiménez, J., Aguirre, O., González, M. y Molina, V. (2016). Criterios a considerar para desarrollar proyectos de restauración ecológica. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 3(2), 95-97.
- Pérez, E. (2012). *Respuesta de nueve cultivares de musáceas en la etapa vegetativa a cuatro niveles de sombra agroforestal*. [Tesis de maestría]. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5508>
- Romero, O., Huerta, M., Damián, M., Macias, A., Tapia, A., Parraguirre, J. y Juárez, J. (2010). Evaluación de la capacidad productiva de Pleurotus Ostreatus con el uso de hoja de plátano

- (Musa x paradisiaca l., cv. Roatán) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas. *Agronomía Costarricense*, 34(1), 53-63. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242010000100005
- Sosa, G. (2019). Medición de erosión hídrica laminar con trampas de sedimentos. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias*, 77, 1-35. https://www.researchgate.net/publication/330451771_Medicion_de_erosion_hidrica_laminar_con_trampas_de_sedimentos.
- Vargas, O. (2015). *Los pasos fundamentales en la restauración ecológica*. Universidad Nacional de Colombia.
- Zúñiga, M. (2016). *Caracterización de la vegetación nativa para la restauración ecológica y foresta urbana de la microcuenca del río Torres, Costa Rica* [Tesis de Licenciatura]. Universidad Estatal a Distancia.