

Crecimiento y desarrollo en vivero de cinco especies forestales propagadas vegetativamente en dos sistemas de siembra

Growth and development of five forest species propagated vegetatively in nursery in two planting systems

 Zamer Danilo Mairena Bermúdez¹

zamer.mairena@bicu.edu.ni

 Oscar Antonio Chacón López¹

oscar.chacon@bicu.edu.ni

Fecha de Recepción: 21-06-2024

Fecha de Aprobación: 30-06-2025

RESUMEN

La propagación vegetativa es el sistema más antiguo, económico y fácil de realizar; no requiere de habilidades especiales, ni mucho espacio. Además, tiene la ventaja de ganancia genética en períodos cortos, así como la de transferir todo el potencial genético de la planta madre a su descendencia obteniendo estacas enraizadas de calidad que respondan efectiva y rápidamente al trasplante. El objetivo de este estudio consistió en evaluar el crecimiento y desarrollo vegetativo en vivero de cinco especies forestales en dos sistemas de siembra. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, de carácter experimental, exploratorio y longitudinal en un diseño de bloques completos al azar (bifactorial). Se realizó el análisis de varianza, pruebas de rangos múltiples y modelo aditivo lineal. Los tratamientos (madero negro y leucaena en bolsas de polietileno) fueron los mejores con 94.4 % y 88.8 % de sobrevivencia, con “excelencia” y un crecimiento en altura de 28.8 y 28.25 cm, ambas con categorías estadísticas de “a”. Los tratamientos, madero negro a raíz desnuda en bolsas de polietileno, obtuvieron los mayores diámetros con 9.3 y 8.5 cm con categorías estadísticas de “a”. El tratamiento (madero negro en bolsas de polietileno) fue el mejor con 10.2 rebrotes por estacas con “excelencia” y categoría estadística de “a”. Los tratamientos de madero negro, nancitón, leucaena y caoba en bolsas de polietileno obtuvieron los mejores crecimientos de rebrotes con 26.4, 25.60, 25.60 y 25.60 cm, con categorías de “aceptable” y categoría estadística de “a”. Los resultados demostraron diferencias significativas en los tratamientos bajo estudio.

Palabras claves: bosque, genética vegetal, gestión forestal, planta, silvicultura

ABSTRACT

Vegetative propagation is the oldest, most inexpensive, and easiest system to implement, requiring no special skills or much space. In addition, it has the advantage of achieving genetic gain in short periods of time. It also allows for the transfer of the full genetic potential of the mother plant to its offspring, producing quality rooted cuttings that respond well and quickly to transplanting. The objective of the study was to evaluate the growth and development of five vegetative tree species

¹ Bluefields Indian & Caribbean University. Centro Universitario Regional Bilwi. Bilwi, Nicaragua



in two planting systems in the nursery. The research was quantitative, experimental, exploratory, and longitudinal, using a randomized complete block (bifactorial) design. Analysis of variance, multiple range tests, and a linear additive model were performed. The treatments (blackwood and leucaena in polyethylene bags) were the best, with 94.4% and 88.8% survival rates, with "excellence" and height growth of 28.8 and 28.25 cm, both with statistical categories of "a." The bare-root blackwood and polyethylene bag treatments yielded the largest diameters, with 9.3 and 8.5 cm, with statistical categories of "a." The best treatment was blackwood in polyethylene bags, with 10.2 shoots per cutting, with "excellence" and a statistical category of "a." The best treatments were blackwood, nancitón, leucaena, and mahogany in polyethylene bags, with shoot growth of 26.4, 25.60, 25.60, and 25.60 cm, with categories of "acceptable" and a statistical category of "a." Results demonstrated significant differences in the treatments under study.

Keywords: forest, forest management, forestry, plant, plant genetics

PRAHNIRA AISANKA

Dus kياما pakaia ba patitara wina bilka kum sa, lahla tanira baku sin isi pali sa daukaia, ban diara ailal ni tapia sa, plis tara sin apia. Baha purkara, pyu prahnira isti pawisa, baku sin dusa yaptika wina luhpia nani ra kيامka yabiba kasak pali wakia pain wal yabisa baku sin isti laki plis walara mangkaia dukiara. Staditakanka bapanka ba dus pawan ka bara karnika yabaia laki kaikanka vivero kum ra matsip kيامka nani ba insla mankanka natka wal ra. Staditakanka na daukan sa cuantitativo mâkiba kaikanka wal, baku sin experimental, exploratorio bara pyu kughku kum bilara baikisakanka sat sat ra, (bloques completos al azar). Varianza, rangos multiples bara modelo aditivo makiba laki kaikanka nani daukan kan. Saika nani (ihinsa bara leucaena plastik ra mangki) ba kau pain kan 94.4% bara 88.8 % sip kan raya kaia, kau yamni pali bara sin 28.8 baku sin 28.25 cm tarkika pâwan, kumi banira estadística baikisakanka "a" wal. Saika nani, ihinsa wakia pasara plastik bila ra kan ba, kau plaika tara 9.3 bara 8.5 cm bri kan estadística baikisakanka "a" wal. Saika (ihinsa plastik ra) ba kau pain kan 10.2 kيامka pawan dusa mangkan ba wina "uba pain" bara sin estadística baikisakanka "a" ra. ihinsa saika nani ba, kiaki dusa, leucaena bara yulu plastik bilara ba kau pain pawan kan kيامka nani 26.4, 25.60, 25.60 bara 25.60 cm, baikisakanka "pain" bara estadística baikisakanka "a" ra. Staditakanka mâsakanka ra marikan sa saika nani sut wina kum ba yamni ka sat wala brisa.

Baksakan bila: Unta, dus kيامka sahwaia, dus nani yamni ra yus munanka, dus, unta warkka

Para citar en APA: Mairena Bermúdez, Z. D., & Chacón López, O. A. (2025). Crecimiento y desarrollo en vivero de cinco especies forestales propagadas vegetativamente en dos sistemas de siembra. *Wani*, (82), e20714. <https://doi.org/10.5377/wani.v1i82.20714>



INTRODUCCIÓN

Producir plantas en viveros, es un arte que contribuye al cuidado de la vida y nos garantiza tener plántulas de calidad y adaptadas a nuestra comunidad. Esto contribuirá a formar plantaciones y sistemas agroforestales sostenibles, cambiando nuestro entorno natural, constituyéndose en una fuente de ingreso económico para la familia o comunidad (Agencia de Cooperación Internacional del Japón [JICA], 2014).

Los bosques de la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte de Nicaragua cuentan con una importante diversidad de especies arbóreas, las mismas que vienen sufriendo una fuerte “presión” debido a actividades, en muchos casos informales, pero que mueven gran parte de la economía regional, como la extracción de especies forestales, la agricultura migratoria y la ganadería. Estas actividades han tenido impactos negativos en el ecosistema forestal; dentro de ellas, la amenaza a la propia existencia de las especies, lo cual se ve reflejado en la escasa disponibilidad de la semilla selecta, el corto período de viabilidad, el alto costo de la misma y la calidad genética heterogénea de sus descendientes.

Un método efectivo para mitigar esta problemática es la propagación vegetativa o asexual por medio de enraizamiento de estaca de tallo de plantas forestales en bolsas de polietileno y a raíz desnuda, dentro de ambientes controlados (viveros). Este permite aumentar la sobrevivencia, productividad y ganancia genética, logrando la transferencia del potencial de la planta madre a su descendencia, obteniendo estacas de calidad que respondan eficaz y rápidamente al trasplante para fines de reforestación.

Este tipo de propagación es la forma más común en la clonación de plantas forestales y se debe a que es una técnica sencilla, que permite multiplicar y obtener plantas homogéneas y de buena calidad comercial en un tiempo relativamente corto. Además, es importante conocer que la propagación vegetativa asegura la conservación de un germoplasma valioso, así como obtener descendencias homogéneas desde el punto de vista genético (clones), ya que permite captar y transferir al nuevo árbol todo el potencial genético del árbol donador (Zobel y Talbert, 1988) y hace posible eliminar la dependencia del uso de semilla (Mesén, 1998).

De acuerdo con Muñoz Sandino y Juárez Dávila (2016), en condiciones de vivero, utilizando material vegetativo (estacas de madero negro), se obtiene un porcentaje de sobrevivencia promedio a los cinco meses de haberse establecido, obteniendo un 59.5%. Asimismo, obtiene crecimiento de rebrote en altura de 40.65 cm y 8.1 rebrotes por estacas.

Referente a lo anterior descrito, Duarte Aguilar (2015) señala que, en la fase de vivero establecida mediante estacas, la especie de leucaena alcanza una altura promedio de 108 cm y un diámetro de 2.55 cm a los cinco meses de haberse establecido. Esto constituye un crecimiento en diámetro similar a lo registrado por Medina et al. (2007) con 2.65 cm.



Por otro lado, según Sequeira Lazo y Mendoza Laguna (2005), las especies forestales con fines de reforestación establecidas por medio de estacas, alcanzan en promedio un porcentaje de sobrevivencia del 51.7%, un incremento promedio en altura de 6.23 cm y un diámetro de 2.1 cm a los cinco meses después de ser establecidas.

En base a esto, la investigación se llevó a cabo en la ciudad de Puerto Cabezas, Región Autónoma Costa Caribe Norte (RACCN), Nicaragua en la finca experimental de BICU con el fin de evaluar el crecimiento y desarrollo en condiciones de vivero de cinco especies forestales; caoba (*Swietenia macrophylla king*), guapinol (*Hyeronima alchorneoides allen*), nancitón (*Hyeroma alchorneoides allen*), madero negro (*Gliricidia sepium*) y leucaena (*Leucaena leucacephala*), producido vegetativamente (por estacas), bajo dos sistemas de siembra (en bolsas de polietileno y a raíz desnuda) en un periodo de cinco meses.

El estudio se planteó (3) hipótesis: que al menos una de las especies forestales ejerza un efecto significativo en sobrevivencia, altura, diámetro número de rebrote y crecimiento; la segunda hipótesis: que al menos uno de los dos tipos de siembra ejerza un efecto significativo en sobrevivencia, altura, diámetro rebrote y crecimiento; y el tercero: que exista efecto de interacción significativo en las especies forestales.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo. Por su finalidad, es de carácter experimental; según su alcance, es de corte longitudinal y por su nivel de profundidad y objetivo, es de naturaleza exploratoria. El área experimental fue de 155 m² con una población de 1,744 estacas y una muestra de 315. El nivel de representatividad fue del 18 %; el tipo de muestro utilizado fue probabilístico. El cálculo del número de estacas para muestra se hizo a través de la fórmula estadística para poblaciones finitas, con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%.

$$n = \frac{N * Z^2(p * q)}{e^2 * (N - 1) + Z^2(p * q)} \quad (1)$$

Las técnicas e instrumentos utilizadas en la recolección de datos fueron: formatos de campo, guía de observación, revisión de registros existentes, así como herramientas agrícolas tales como: carretillas, cintas métricas, palas, azadones, rastrillos, palines, machetes, lienzas.

Además, el experimento adoptó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) bifactorial, donde el factor a: corresponde a las especies de árboles forestales y el factor b: corresponde a los tipos de siembra. Los niveles y combinaciones de tratamientos de los mismos se detallan a continuación en la tabla 1.

Tabla 1

Niveles y combinaciones de tratamientos de los factores en estudio

| Factores | Niveles | Combinación de los tratamientos |
|----------|---------------------------|---|
| Factor a | a ₁ = Caoba | T ₁ = a ₁ b ₁ (Caoba en bolsas) |
| | a ₂ = Guapinol | T ₂ = a ₁ b ₂ (Caoba a raíz desnuda) |
| | a ₃ = Nancitón | T ₃ = a ₂ b ₁ (Guapinol en bolsas) |



| | | |
|---------------------|--|--|
| Especies forestales | a ₄ = Madero negro a ₅ = Leucaena | T ₄ = a ₂ b ₂ (Guapinol a raíz desnuda) T ₅ = a ₃ b ₁ (Nancitón en bolsas) T ₆ = a ₃ b ₂ (Nancitón a raíz desnuda) T ₇ = a ₄ b ₁ (Madero negro en bolsas) |
| Factor b | b ₁ = Bolsa de polietileno | T ₈ = a ₄ b ₂ (Madero negro a raíz desnuda) |
| Tipos de siembra | b ₂ = A raíz desnuda | T ₉ = a ₅ b ₁ (Leucaena en bolsas) T ₁₀ = a ₅ b ₂ (Leucaena a raíz desnuda) |

Para el estudio se establecieron 30 sub parcelas, distribuidos en tres bloques con tres repeticiones, una en cada bloque, las cuales fueron distribuidas aleatoriamente. Luego, se ubicaron estacas de 20 cm de largo y 2 cm de grosor de manera directa en bolsas de polietileno (1 estaca por bolsas) en bancos de tierra con distancia de siembra de 10 cm (raíz desnuda). Cabe destacar que la investigación tuvo una duración de 5 meses.

Con los datos obtenidos, se realizaron los análisis de varianza y las pruebas de separación de medias con la prueba de rangos múltiples (Newman-Keuls) para cada factor, así como el análisis de la interacción entre ambas. Además, se utilizaron las categorías para la evaluación de la sobrevivencia de las estacas, según las especies, crecimiento en altura, el desarrollo del diámetro, el número de rebrotes y el crecimiento de los rebrotes, adaptado por Centeno Solórzano (1993).

Se utilizó la prueba de rangos múltiples, para determinar valores críticos de acuerdo al número de medias de tratamiento involucrados y se utilizaron tanto métodos empíricos como teóricos. También se aplicó el modelo aditivo lineal para relacionar la variable dependiente con la predictiva, conocido como variable independiente o variable explicativa (Higuera, 1992).

Variables evaluadas

Sobrevivencia: El porcentaje de sobrevivencia se evaluó en base a 4 categorías, reflejadas en la tabla 2.

Tabla 2

Categorías para la evaluación de la sobrevivencia de plantas y estacas

| Categorías | % de sobrevivencia |
|------------------|--------------------|
| Excelente | 80 a más |
| Bueno | 60 – 79 |
| Aceptable | 40 – 59 |
| Malo | Menos del 40 |

Altura y diámetro de estacas: Se midió la altura y diámetro de las estacas a intervalos de 15 días entre cada toma de datos. Igualmente, se les tomó lectura a 7 bolsas de polietileno y a 15 estacas sembradas en los bancos con sustratos.

Número de rebrotes por estacas: Para el análisis del número de rebrotes por estacas se utilizaron 4 categorías de crecimiento, reflejadas en la tabla 3.



Tabla 3

Categorías de números de rebrotes en las estacas

| Categorías | Número de rebrotes por estacas |
|------------|--------------------------------|
| Excelente | De 10 a más |
| Bueno | De 5 a 9.99 |
| Aceptable | De 3 a 4.99 |
| Malo | Menos de 2.99 |

Crecimiento de rebrotes por estacas: Para el análisis del crecimiento de rebrotes por estacas se utilizó 4 categorías de crecimiento, mostradas en la tabla 4.

Tabla 4

Categorías de crecimiento de rebrotes en las estacas

| Categorías | Crecimiento de rebrotes por estacas |
|------------|-------------------------------------|
| Excelente | De 100 a más |
| Bueno | De 50 a 99.9 |
| Aceptable | De 10 a 49.9 |
| Malo | Menos de 9.9 |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Grado de sobrevivencia

La sobrevivencia constituye un valor importante, ya que permite estimar el número de plantas o estacas vivas en un tiempo determinado. Además, la tasa de sobrevivencia de una especie en particular es un indicador clave del éxito de su establecimiento como plantación en un sitio exótico o bajo condiciones edafoclimáticas externas. Este aspecto resulta crucial, pues contribuye a la conservación y recuperación de suelos en área deforestadas.

Tabla 5

Comportamiento de estacas en sobrevivencia de cinco especies forestales en condiciones de vivero

| Tratamientos | Estacas (muestras) | Estacas (sobrevivencia) | Porcentajes (Sobrevivencia) | Categoría | Categorías estadísticas según (SNK) |
|--|--------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------|-------------------------------------|
| T ₁ = a ₁ b ₁ (Caoba en bolsas) | 18 | 14 | 77.7% | Bueno | b |
| T ₂ = a ₁ b ₂ (Caoba a raíz desnuda) | 45 | 28 | 62.2% | Bueno | b |
| T ₃ = a ₂ b ₁ (Guapinol en bolsas) | 18 | 10 | 55.5% | Aceptable | c |
| T ₄ = a ₂ b ₂ (Guapinol a raíz desnuda) | 45 | 15 | 33.3% | Malo | d |
| T ₅ = a ₃ b ₁ (Nancitón en bolsas) | 18 | 9 | 50% | Aceptable | c |

| | | | | | |
|--|----|----|-------|-----------|---|
| T ₆ = a ₃ b ₂ (Nancitón a raíz desnuda) | 45 | 16 | 35.5% | Malo | d |
| T ₇ = a ₄ b ₁ (Madero negro en bolsas) | 18 | 17 | 94.4% | Excelente | a |
| T ₈ = a ₄ b ₂ (Madero negro a raíz desnuda) | 45 | 34 | 75.5% | Bueno | b |
| T ₉ = a ₅ b ₁ (Leucaena en bolsas) | 18 | 16 | 88.8% | Excelente | a |
| T ₁₀ = a ₅ b ₂ (Leucaena a raíz desnuda) | 45 | 30 | 66.6% | Bueno | b |

Según los resultados obtenidos, en la tabla 5 se observa que los tratamientos a₄b₁ (estacas de madero negro sembrado en bolsas de polietileno) y el tratamiento a₅b₁ (estacas de leucaena sembrado en bolsas de polietileno), obtuvieron los mejores resultados con el 94.4 y 88.8 % en sobrevivencia, por lo que Centeno Solórzano (1993) lo categoriza en la escala de excelente, indicando que estas especies forestales tiene una mayor capacidad adaptativa vegetativamente por medio de estacas en bolsas de polietileno.

Zárate (1987) reporta sobre la reproducción asexual por medio de estacas de la especie de leucaena establecidas en bolsas de polietileno o a raíz desnuda en bancos de tierra, que la propagación tiene una baja sobrevivencia. Contrario a esto, en esta investigación, bajo las mismas condiciones, se logró obtener una sobrevivencia de 88.8% con categoría de excelente y 66.6% como bueno (Centeno Solórzano, 1993).

Lo anterior demuestra que estas especies, bajo ambientes controlados, con tratamientos silviculturales propicios y con el sustrato adecuado, tienen mayor grado de sobrevivencia, maximizando la optimización en la calidad de las estacas y su resistencia a efectos ambientales adversos. En relación a las categorías no abordadas en la discusión, se puede corroborar con la investigación de Rojas et al. (2004), donde expresa que la disminución de la sobrevivencia se debe principalmente a la incidencia de plagas y factores climáticos.

Por otro lado, el análisis de varianza, realizado con un 95% de confianza, demuestra que existen diferencias altamente significativas para la variable “grado de sobrevivencia de las estacas” obtenidas por efecto de las especies forestales, tipos de siembra y por la interacción de ambas, lo que indica que los factores bajo estudio son dependientes entre sí; de modo que se debe considerar el efecto de cada factor de manera conjunta para lograr efectos muy significativos en sobrevivencia de las estacas. El coeficiente de variación para esta variable fue calculado en 11.7%, lo que implica que existe poca divergencia de los tratamientos en el experimento.

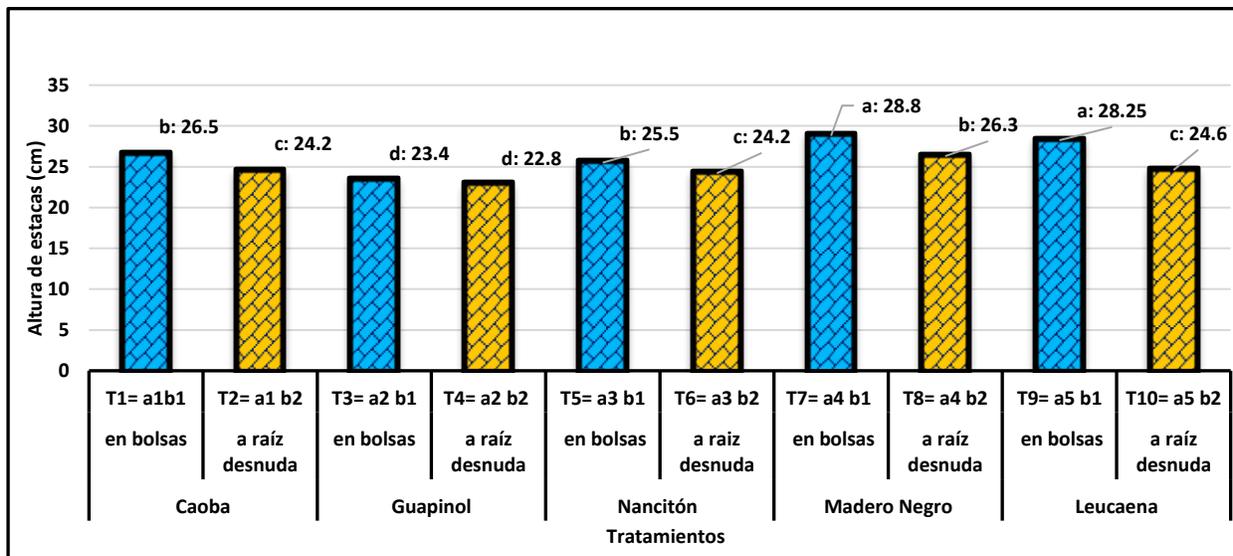
La prueba de rangos múltiples, aplicado a los tratamientos, madero negro y leucaena, establecidas en bolsas de polietileno, clasifica en categoría estadística de “a”, a la especie de caoba en bolsa de polietileno, y a raíz desnuda, la caracteriza en la categoría “b”. Al madero negro y la leucaena a raíz desnuda les asigna la categoría “c”. Finalmente, al guapinol y al nancitón en bolsas de polietileno y a raíz desnuda se le clasificó en la categoría “d”.



Crecimiento dasométrico en alturas

El análisis de varianza, realizado con un 95% de confianza, demuestra que existen diferencias altamente significativas para la variable “altura de las estacas” obtenidos por efecto del factor a: especies forestales estudiadas y por efecto del factor b: tipo de siembra, lo que indica que ambos factores tienen influencia en el crecimiento de las estacas, pero de manera separada. El coeficiente de variación fue calculado en 19.11 %, lo que demuestra que existe variación de la desviación estándar de los datos con respecto a las medias, indicando poca divergencia entre los tratamientos.

Figura 1
 Representación de figura del crecimiento dasométrico en alturas



La figura 1, expresa que los tratamientos a4b1 y a5b1 (madero negro y leucaena) establecidas en bolsas de polietileno, obtuvieron el mayor crecimiento en alturas de estacas con 28.8 y 28.25 cm, con categorías estadísticas de “a”, según la prueba de rangos múltiples.

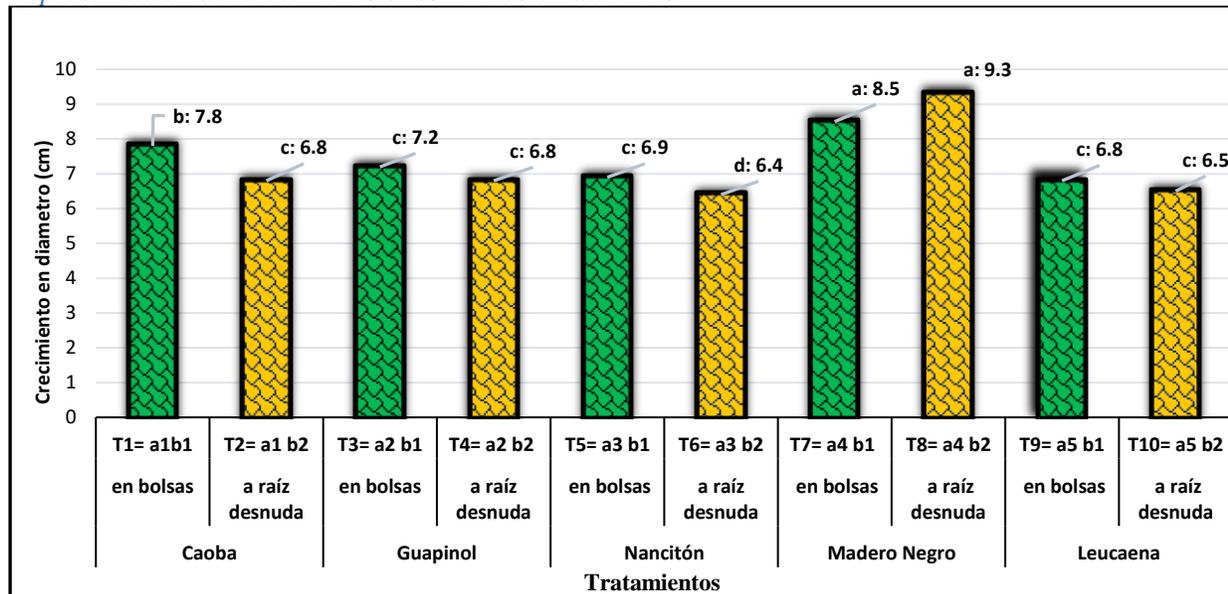
En referencia a esto, el Instituto Nacional Forestal (INAFOR, 2002) señala que la especie del madero negro en condiciones de vivero, establecidas en bolsas de polietileno y a raíz desnuda alcanza una altura promedio de 25 cm a los cinco meses de haberse establecido; al comparar este resultado con lo obtenido en la investigación, la diferencia es relativamente inferior ya que se logró obtener un crecimiento en altura de las estacas de 27.55 cm, lo cual es significativo.

Asimismo, Duarte Aguilar (2015), afirma que la leucaena propagada por estacas en bolsas de polietileno y a raíz desnuda tiende alcanzar una altura promedio de 28.57 cm a los cinco meses de haber sido establecido en condiciones de vivero. Esta investigación obtuvo como resultado un crecimiento promedio de 26.4cm, una altura relativamente inferior. Cabe resaltar que uno de los factores que incidió en el bajo crecimiento de esta especie fue la inestabilidad de los factores edafoclimáticos en la zona.

Crecimiento dasométrico en diámetros

El Análisis de varianza realizado con un 95% de confianza, demuestra que existen diferencias altamente significativas para la variable “diámetros de las estacas” obtenidos por efecto del factor a: especies forestales estudiadas y diferencias significativas para el factor b: tipo de siembra, y por la interacción a*b (especies forestales * tipo de siembra), lo que indica que los factores en estudio de manera combinada tienen influencia directa en el crecimiento de las estacas. El coeficiente de variación obtenido para esta variable, fue calculado en 10.49 %, lo que demuestra que existe una leve variación de la desviación estándar de los datos con respecto a las medias, por tanto, existe poca divergencia de los tratamientos en el experimento.

Figura 2
 Representación del crecimiento dasométrico en diámetro



En la figura 2, los tratamientos a4b1 y a5b1 (estacas de madero negro y leucaena sembrado en bolsas de polietileno) obtuvieron el mayor crecimiento en diámetro con 9.3 y 8.5 cm, con categorías estadísticas de “a”, por la prueba de rangos múltiples.

Con respecto a esto, Duarte Aguilar (2015), expresa que la leucaena, en la fase de vivero, establecida mediante estacas, alcanza un diámetro de 2.55 cm a los cinco meses de haberse establecido. Este resultado es similar a lo obtenido y registrado por Medina et al. (2007) con 2.65 cm. En este estudio se obtuvo un promedio 6.6 cm, superior a lo expresado por Duarte Aguilar (2015) y Medina et al. (2007) en sus investigaciones; este resultado se debe a que se logró un ambiente controlado y un manejo adecuado del vivero.

Número de rebrotes y crecimiento de rebrotes

El número y crecimiento de rebrotes en las estacas fueron evaluadas en base a 4 categorías, según Centeno Solórzano (1993) y adaptado a las condiciones climáticas de la zona bajo estudio. Ver tablas 3 y 4.

Número de rebrotes

De acuerdo al análisis de varianza realizado con un 95% de confianza, se demuestra que existen diferencias significativas para el factor a: especies forestales estudiadas y diferencias altamente significativas para el factor b: tipo de siembra, lo que indica que los factores en estudio no tienen influencia de manera combinada sobre esta variable, de modo que se deben considerar de forma individual. Por otra parte, el coeficiente de variación para esta variable fue calculado en 22.74%. La prueba de rangos múltiples aplicado a los tratamientos le otorga una categoría estadística de “a”, al madero negro y una categoría de “b” a la caoba, el guapinol, el nancitón y a la leucaena, todos establecidos en bolsas de polietileno.

Tabla 6
Comportamiento del número de rebrotes por tratamientos

| Tratamientos | No. de rebrotes por estacas | Categorías | Categorías estadísticas según (SNK) |
|--|-----------------------------|-------------|-------------------------------------|
| T ₁ = a ₁ b ₁ (Caoba en bolsas) | 8.4 rebrotes | (Bueno) | b |
| T ₂ = a ₁ b ₂ (Caoba a raíz desnuda) | 6.8 rebrotes | (Bueno) | c |
| T ₃ = a ₂ b ₁ (Guapinol en bolsas) | 7.6 rebrotes | (Bueno) | b |
| T ₄ = a ₂ b ₂ (Guapinol a raíz desnuda) | 6.4 rebrotes | (Bueno) | d |
| T ₅ = a ₃ b ₁ (Nancitón en bolsas) | 8.2 rebrotes | (Bueno) | b |
| T ₆ = a ₃ b ₂ (Nancitón a raíz desnuda) | 6.8 rebrotes | (Bueno) | c |
| T ₇ = a ₄ b ₁ (Madero negro en bolsas) | 10.2 rebrotes | (Excelente) | a |
| T ₈ = a ₄ b ₂ (Madero negro a raíz desnuda) | 6.9 rebrotes | (Bueno) | c |
| T ₉ = a ₅ b ₁ (Leucaena en bolsas) | 8.25 rebrotes | (Bueno) | b |
| T ₁₀ = a ₅ b ₂ (Leucaena a raíz desnuda) | 5.8 rebrotes | (Bueno) | d |

Según los resultados obtenidos en la tabla 6, se observa que el tratamiento a₄b₁ (estacas de madero negro sembrado en bolsas de polietileno) tuvo mejor comportamiento con 10.2 rebrotes por estacas, por lo que Centeno Solórzano (1993) lo categoriza como excelente por estar en el rango de 10 a más rebrotes por estacas. Esto indica que esta especie forestal tiene una mayor capacidad de rebrotar por medio de estacas que las otras especies bajo estudio.

De acuerdo a Muñoz Sandino & Juárez Dávila (2016), en condiciones de vivero utilizando material vegetativo (estacas de madero negro), se obtiene, en promedio, 8.1 rebrotes por estacas a los cinco meses de haberse establecido. Este estudio obtuvo como resultado 10.2 rebrotes por estacas, lo que indica que bajo buenas condiciones y ambientes controlados el número de rebrote por estacas tiende a aumentar, oscilando entre las categorías de bueno a excelente, en concordancia con lo expuesto por Centeno Solórzano (1993).



Tabla 7
Comportamiento del crecimiento de rebrotes por estacas

| Tratamientos | Crecimiento de rebrotes por estacas (cm) | Categorías | Categorías estadísticas según (SNK) |
|--|--|-------------|-------------------------------------|
| T ₁ = a ₁ b ₁ (Caoba en bolsas) | 25.6 cm | (Aceptable) | a |
| T ₂ = a ₁ b ₂ (Caoba a raíz desnuda) | 23.1 cm | (Aceptable) | b |
| T ₃ = a ₂ b ₁ (Guapinol en bolsas) | 24.20 cm | (Aceptable) | b |
| T ₄ = a ₂ b ₂ (Guapinol a raíz desnuda) | 22.60 cm | (Aceptable) | c |
| T ₅ = a ₃ b ₁ (Nancitón en bolsas) | 25.60 cm | (Aceptable) | a |
| T ₆ = a ₃ b ₂ (Nancitón a raíz desnuda) | 23.40 cm | (Aceptable) | c |
| T ₇ = a ₄ b ₁ (Madero negro en bolsas) | 26.4 cm | (Aceptable) | a |
| T ₈ = a ₄ b ₂ (Madero negro a raíz desnuda) | 24.80 cm | (Aceptable) | ab |
| T ₉ = a ₅ b ₁ (Leucaena en bolsas) | 25.60 cm | (Aceptable) | a |
| T ₁₀ = a ₅ b ₂ (Leucaena a raíz desnuda) | 24.20 cm | (Aceptable) | b |

Según los resultados obtenidos en la tabla 7, se observa que los tratamientos a₄b₁ (estacas de madero negro), a₃b₁ (estacas de nancitón), a₅b₁ (estacas de leucaena) y el tratamiento a₁b₁ (estacas de caoba) todos establecidos en bolsas de polietileno, mostraron los mejores comportamientos con 26.4, 25.60, 25.60 y 25.60 cm respectivamente. En la investigación realizada por Centeno Solórzano (1993), se caracteriza los rangos de 10 a 49.9 cm como “aceptable”, lo que indica que las estacas de estas especies establecidas en bolsas de polietileno tienden a tener un mayor crecimiento de rebrotes que cuando son establecidas a raíz desnuda.

En condiciones de vivero utilizando material vegetativo (estacas de madero negro), se obtiene a los cinco meses de haberse establecido un crecimiento promedio de rebrotes por estacas de 40.65 cm (Muñoz Sandino & Juárez Dávila, 2016). La investigación obtuvo como resultado 26.4 cm establecidas en bolsas de polietileno y 24.8 cm establecida a raíz desnuda.

Los resultados anteriores demuestran claramente que las especies forestales (madero negro, nancitón, leucaena, guapinol y caoba), establecidas en bolsas de polietileno por medio de estacas están en la capacidad de satisfacer demandas de biomasa a futuro gracias a la capacidad de crecimiento de rebrotes que estas poseen, ya sea para forraje o postes, siempre y cuando se realice con el debido manejo silvicultural.

CONCLUSIONES

Basado en los resultados de la investigación, se demuestra que las especies madero negro y leucaena establecidas en bolsas de polietileno obtuvieron el mayor grado de sobrevivencia con 94.4% y 88.8 % respectivamente.

Respecto al crecimiento dasométrico, el madero negro y la leucaena establecidas en bolsas de polietileno, obtuvieron una altura de 28.8 cm y 28.25 cm, con diámetros de 9.3cm y 8.5 cm respectivamente.



Con relación al número de rebrotes, el madero negro en bolsas de polietileno obtuvo los mejores resultados con 10.2 rebrotes por estacas. Por otro lado, respecto al crecimiento, la caoba, el nancitón y la leucaena obtuvieron 25.60 cm siendo los mejores tratamientos, seguidos del madero negro con 26.4 cm.

El presente estudio recomienda al Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA), así como otras entidades del sector forestal, considerar los resultados obtenidos de esta investigación para la formulación de futuros planes de reforestación mediante propagación vegetativa, dentro de los programas operativos de plantación. Esta medida contribuirá a mitigar el deterioro ambiental que afecta actualmente las áreas boscosas de nuestro país.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

REFERENCIAS

Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) (2014) *Guía técnica manejo de vivero forestales*.

<https://www.jica.go.jp/Resource/project/spanish/ecuador/001/materials/c8h0vm00008bcae4-att/manejo.pdf>

Centeno Solórzano, M. (1993). *Inventario nacional de plantaciones forestales en Nicaragua* (tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria). RiUNA.

<https://repositorio.una.edu.ni/877/1/tnk10c397.pdf>

Duarte Aguilar, C. A. (2015). *Evaluación del comportamiento de dos especies forrajeras Marango (Moringa oleifera Lam.) y Leucaena (Leucaena leucocephala De Witt) en la fase de vivero en la Universidad Nacional Agraria, Managua*. (tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria). RiUNA. <https://repositorio.una.edu.ni/3271/1/tnf01d812.pdf>

Higuera, A. (1992). Efectividad de los modelos de Gardner-Eberhart y Griffing en la determinación de la importancia relativa de la varianza aditiva en un cruzamiento dialélico de ocho líneas de frijol *Vigna unguiculata* (L.)Walp. *Revista De La Facultad De Agronomía De La Universidad Del Zulia*, 9(2), 63-75.

<https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/25937>

Instituto Nacional Forestal (INAFOR) (2002). *Guía de especies forestales de Nicaragua* (1ª ed.). Editora de Arte.

Medina, M. G., García, D. E., Clavero, T., & Iglesias, J. M. (2007). Estudio comparativo de *Moringa oleifera* y *Leucaena leucocephala* durante la germinación y la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia tropical*, 25(2), 83-93. <https://n9.cl/ra4v7>

Mesén, F. (1998). *Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Muñoz Sandino, E. M., & Juárez Dávila, D. M. (2016). *Producción de forraje de dos especies, Marango (Moringa oleifera Lam.) y Leucaena (Leucaena leucocephala Lam. de Wit.) en un sistema de cercas vivas durante la época seca en la Finca Santa Rosa, UNA-Managua*



- (tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria). RiUNA.
<https://repositorio.una.edu.ni/3390/1/tnk10m971.pdf>
- Rojas González, S., García Lozano, J. & Alarcón Rojas, M. (2004). *Propagación asexual de plantas: conceptos básicos y experiencias con especies amazónicas*. Produmedios.
<https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/17056>
- Sequeira Lazo, N. F., & Mendoza Laguna, E. M. (2005). *Evaluación de cuatro especies forestales establecidas como linderos maderables en la comunidad de Pacora en el municipio de San Francisco Libre, 2004* (tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria). RiUNA.
<https://repositorio.una.edu.ni/1084/1/tnk10s480e.pdf>
- Zárate, R. S. (1987). *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, subsp. *glabrata*. *Phytologia*. Gruver, 63(4), 304-306.
<https://www.biodiversitylibrary.org/item/48961#page/4/mode/1up>
- Zobel, B., & Talbert, J. (1988). *Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales*. Limusa.