

# Análisis del efecto del sustrato sobre la calidad de plántulas en cinco especies forestales adaptadas a Santa Marta - Colombia

## Analysis of the effect of the substrate on the quality of seedlings in five forest species adapted to Santa Marta - Colombia

Sonia Esperanza AGUIRRE FORERO <sup>1</sup>; Nelson Virgilio PIRANEQUE GAMBASICA <sup>2</sup>; Nelson BARRIOS <sup>3</sup>

Recibido: 09/07/2018 • Aprobado: 23/08/2018

### Contenido

- [1. Introducción](#)
- [2. Metodología](#)
- [3. Resultados y Discusión](#)
- [4. Conclusiones](#)
- [Referencias bibliográficas](#)

#### RESUMEN:

Se determinaron los parámetros de calidad de las plántulas de *Moringa oleifera*, *Azadirachta indica*, *Jacaranda caucana*, *Ceiba pentandra* y *Prosopis juliflora*. En un diseño de bloques al azar, con cinco repeticiones por tratamiento, se evaluó cinco sustratos: suelo (S), suelo + abono (SA), suelo + cascarilla de arroz + abono (SCA), suelo + turba (ST) y suelo + turba + abono (STA). Todas las especies mostraron ICD >0.2 lo que evidencia mayor posibilidad de sobrevivencia una vez la planta se traslade al sitio final.

**Palabras clave:** viveros, trasplante, cobertura vegetal, bosque seco tropical.

#### ABSTRACT:

The quality parameters of the seedlings of *Moringa oleifera*, *Azadirachta indica*, *Jacaranda caucana*, *Ceiba pentandra* and *Prosopis juliflora* were determined. In a randomized block design, with five repetitions per treatment, five substrates were evaluated: soil (S), soil + fertilizer (SA), soil + rice husk + fertilizer (SCA), soil + peat (ST) and soil + peat + fertilizer (STA). All species showed ICD > 0.2, which shows greater possibility of survival once the plant is transferred to the final site.

**Keywords:** nurseries, transplant, vegetative cover, tropical dry forest.

## 1. Introducción

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2012) plantea que en los próximos 20 a 40 años en las zonas rurales más vulnerables, incrementará la carencia de agua y alimento (Salcedo & Guzman, 2014), por lo que es prioritario preservar el suelo y demás recursos naturales. Una razón para ello es que las especies arbóreas protegen al suelo de la erosión, contribuyen al ciclaje de la materia orgánica y los nutrientes, regulan los ambientes hostiles a partir de factores como los vientos, la temperatura y la evaporación, y suministran alimentos, fibras, semillas, medicamentos y otros subproductos (Altieri & Nicholls, 2008; Montagnini et al., 2015). De acuerdo con Pizano & García (2014) y Portillo & Sánchez (2010), uno de los ecosistemas más vulnerables, donde la variabilidad climática se puede acentuar, es el bosque tropical seco como el que se encuentra en la Región Caribe colombiana.

Una estrategia para preservar de los recursos naturales es incorporar especies arbóreas en los sistemas agrícolas. Seppälä, Chair y Katila (2009) señalan que, para incorporar estas especies en sistemas agroforestales, es preciso tener en cuenta las características morfofisiológicas de adaptación y de beneficio como la producción de biomasa, medicamentos y resinas, la acomodación para cercas vivas o sombríos, la fijación de CO<sub>2</sub>, entre otros. El buen manejo de estos arbustos favorece la productividad de tierras marginales, proporciona refugio para la fauna (pájaros, roedores e insectos), da valor ornamental y produce un efecto psicológico positivo (García, 2007; Torres, Carvajal & Arguedas, 2011). Sin embargo, el repoblamiento de estas zonas puede resultar afectado por la adaptación de las plántulas a las condiciones de campo (Birchler, Royo & Pardos, 1998; Hobbs, 1992).

En este sentido, se ha observado que, aunque las plántulas presenten aspecto vigoroso en el vivero, podrían no adaptarse al campo. Por esta razón, se ha sugerido correlación directa entre la calidad de plántulas (Rueda et al., 2014) y el desarrollo futuro de la especie (Negreros, Apodaca, & Mize, 2010), por lo que es importante determinar índices de calidad que permitan tomar decisiones acertadas a fin de lograr alta supervivencia una vez se trasplante en campo.

El objetivo del presente estudio fue determinar los índices de calidad de adaptación a la zona de estudio de *Moringa oleifera* Lam., *Azadirachta indica* A.Juss., *Jacaranda caucana* Pittier, *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn y *Prosopis juliflora* (Sw.) DC., especies de importancia económica y ambiental en la región, obtenidas en cinco sustratos diferentes: suelo (S), suelo + abono (SA), suelo + cascarilla de arroz + abono (SCA), suelo + turba (ST) y suelo + turba + abono (STA), en proporción 1:1.

## 2. Metodología

### Localización y Establecimiento

El estudio se llevó a cabo en el vivero del puerto Carbonífero de Drummond del departamento del Magdalena (Colombia), el cual se encuentra a 74°12'30.26" de longitud oeste y a los 11°3'33.22" latitud norte, a 15 msnm. De acuerdo con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2009), este lugar cuenta con índices de precipitación media anual de 674 mm, temperatura media de 29.5°C y humedad relativa de 70 %, catalogado como estepario tropical cálido con formación vegetal de bosque tropical seco y vegetación xerofítica. Su suelo es de origen aluvial, de textura gruesa clasificado como *Typic ustipsammets* (Vásquez, 2009).

El ensayo se desarrolló en dos fases. En la primera se determinó el PG, para lo cual veinte semillas de cada especie evaluada con cinco repeticiones, fueron sometidas a imbibición por 24 horas. Luego de ello, se procedió a la siembra en bandeja con sustrato inerte (arena lavada con agua caliente). La germinación (cuando las plántulas tienen un pequeño tallo con los cotiledones o con cotiledones y las dos primeras hojas verdaderas), se cuantificó diariamente a partir de la tasa de germinación (TG) dada por la ecuación  $TG = (N1T1 + N2T2 + NnTn)$ , donde N corresponde al número de semillas germinadas y T al tiempo. Finalmente, el PG se calculó a partir del número de semillas germinadas / número de semillas totales \* 100 y los resultados se analizaron empleando estadística descriptiva. Para la segunda fase, 625 plántulas (125 de cada especie evaluada) fueron trasplantadas y distribuidas en bolsas negras de 6 kilos a partir de un diseño completo al azar donde los tratamientos empleados (sustratos) corresponden a los observados en el Cuadro 1, con cinco repeticiones y 25 plantas por unidad experimental.

**Cuadro 1**

Sustratos aplicados a plántulas de *Moringa oleifera* Lam., *Azadirachta indica* A.Juss., *Jacaranda caucana* Pittier, *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn y *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. en Santa Marta, Colombia.

Sustratos	Descripción	CE(dSm <sup>-1</sup> )	CIC	pH (Unid)	CO (%)
S	Suelo	1.93	60	7.9	2.457

<b>SA</b>	Suelo + abono (1:1)	0.249	65	8.5	2.106
<b>SCA</b>	Suelo + Cascarilla Arroz + abono (1:1)	0.285	63	8.33	1.76
<b>ST</b>	Suelo + Turba + (1:1)	0.244	67	8.43	3.6465
<b>STA</b>	Suelo + Turba + abono (1:1)	0.283	70	8.41	3.3735

Métodos: pH- potenciométrico 1:2. CE: Conductividad eléctrica (dSm<sup>-1</sup>) por conductimetría, CIC. Capacidad de Intercambio catiónico CO (%) Walkley y Black.

### Material vegetal

Se seleccionaron cinco especies de plantas de acuerdo a referencias locales de tolerancia y adaptabilidad a las condiciones de suelo y clima de la zona, disponibilidad de semilla y de alto valor multipropósito (sombra, medicinal, madera, fijación de nitrógeno, entre otras). Las especies utilizadas fueron *Moringa oleífera* Lam., perteneciente al orden Brassicales y la familia Moringaceae originaria de India, *Azadirachta indica* A. Juss., del orden Sapindales y de la familia Meliaceae proveniente de India y Birmania, *Jacaranda caucana* Pittier, del orden Lamiales y familia Bignoniaceae originaria de las Antillas, Centro América y Occidente de Sur América, *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn, del orden Malvales y familia Malvaceae con centro de origen en Mesoamérica y *Prosopis juliflora* (Sw.) DC., del orden Fabales y familia Fabaceae originaria del sur de México, Suramérica y el Caribe.

### Sustratos empleados

Los sustratos evaluados fueron suelo (S), suelo + abono (SA), suelo + cascarilla de arroz + abono (SCA), suelo + turba (ST) y suelo + turba + abono (STA), en proporción 1:1. La cascarilla de arroz cruda (C) fue sometida a agua caliente para su desinfección. La composición de la turba (T) empleada fue: Nitrato 70 g m<sup>-3</sup>, Amonio 50 g m<sup>-3</sup>, Fosforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 140 g m<sup>-3</sup>, Potasio (K<sub>2</sub>O) 240 g m<sup>-3</sup>, Magnesio (MgO) 23 g m<sup>-3</sup>, Boro (B) 0.3 g m<sup>-3</sup>, Molibdeno (Mo) 4.5 g m<sup>-3</sup>, Cobre (Cu) 15 g m<sup>-3</sup>, Manganeseo (Mn) 1.6 g m<sup>-3</sup>, Hierro (Fe) 1.1 g m<sup>-3</sup> y Zinc (Zn) 0.4 g m<sup>-3</sup>. El suelo empleado correspondió al característico de la zona de estudio con textura franco arenosa, pH=8, CE=0.80 dSm<sup>-1</sup>, N=1.9 g kg<sup>-1</sup>, P=0.41 mg kg<sup>-1</sup> y CIC=19 cmolc.kg<sup>-1</sup> y para la preparación de todos los sustratos, se aplicaron 20 gramos de abono (A) triple quince (15-15-15) diluidos en un litro de agua.

### Muestreos

Se realizaron muestreos sistemáticos destructivos a partir de la evaluación de secciones aéreas y de la raíz de cinco plántulas por tratamiento. En los casos de la *M. oleífera* y *A. indica* se realizaron cinco muestreos, mientras que, en *C. pentandra*, *J. caucana* y *P. juliflora* fueron seis, definidos por la morfología de la plántula. El muestreo 1 (M1) se realizó a los 16 días después del trasplante (ddt), el segundo (M2) a 30 ddt, el tercero (M3) a 64 ddt, el cuarto (M4) a 80 ddt, el quinto (M5) a 136 ddt y el sexto (M6) a 152 ddt. Las cinco plántulas de cada tratamiento, fueron seleccionadas al azar y evaluadas de acuerdo con el siguiente protocolo: se extrajo la plántula de la bolsa usando agua y retirando con cuidado el suelo y/o sustrato adherido a la raíz; se secó y rotuló el material para su traslado al laboratorio de suelos de la Universidad del Magdalena.

### VARIABLES ANALIZADAS

En laboratorio, se evaluó la altura de la plántula (en cm), considerando la distancia entre el cuello de la raíz y la yema terminal; el diámetro del cuello de la raíz (en mm) con la ayuda de la escala de precisión vernier; la biomasa aérea y de raíz (en g), a partir del peso directo en una balanza analítica de precisión; y finalmente, la masa seca aérea y de raíz (en g) para lo cual las muestras fueron llevadas a estufa (70°C) durante 48 horas, y luego se pesaron en balanza analítica de precisión. Estos datos fueron insumos para establecer los índices de calidad que se presentan en el Cuadro 2.

**Cuadro 2**  
Parámetros evaluados en *Moringa oleífera* Lam., *Azadirachta indica* A. Juss., *Jacaranda caucana* Pittier, *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn y *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. para determinar su calidad en Santa Marta, Colombia.

Parámetro	Método
<b>Índice de robustez (IR)</b>	$IR = \frac{\text{Altura de planta cm}}{\text{Diámetro del cuello raíz mm}}$
<b>Tasa de crecimiento relativo (TCR).</b>	$TCR = \frac{Mst}{T}$ donde Mst: Materia seca total y T tiempo en días
<b>Desarrollo de la planta en vivero (Dp)</b>	$Dp = \frac{Msa}{Msr}$ Donde, Msa: Masa seca parte aérea de la planta. Msr: Masa seca raíz
<b>Índice de lignificación (IL)</b>	$IL = \frac{Mst}{Bmt}$ donde Bmt: Biomasa total de la planta
<b>Índice de Calidad de Dickson (ICD)</b>	$ICD = \frac{Mst}{IR + Dp}$

### Análisis de la Información

Para el análisis de los datos se emplearon los programas estadísticos R (R Development Core Team 2015) e Infostat V2015 en su versión libre. En primer lugar, los datos de porcentaje de germinación, fueron tratados con estadística descriptiva (medias), mientras que, para la segunda fase, el efecto de los tratamientos se estimó mediante análisis de varianza. En aquellos casos en los que se observaron diferencias significativas, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey y, con el fin de evaluar los cambios a lo largo del tiempo, se llevó a cabo un análisis de medidas repetidas.

## 3. Resultados y Discusión

### Fase 1. Evaluación de Germinación

En los casos de *C. pentandra*, *M. oleífera* y *A. indica* se observó la máxima germinación a los 20 (dds) con 90 %, 91 % y 92 %, respectivamente. Por su parte, el *P. juliflora* mostro 85 % después de los 21 (dds) mientras que para *J. caucana* se observó la máxima germinación a los 38 (dds) con 25 %. En la mayor parte de los casos estos resultados superan o igualan los reportes de PG presentados por distintos autores. Con respecto a *C. pentandra*, China (2000) reporta una PG entre 50 y 85 %, valor superado en el presente estudio. En el caso de *M. oleífera* los resultados son superiores a los reportados por Francis & Lowe (2000), quienes obtuvieron en condiciones de Puerto Rico PG entre 60 y 90 % sin pre-germinación. Por otra parte, Parrota & Chaturvedi (2000) reportan para el *A. indica* un PG de 85 % sin pregerminación para las semillas limpiadas y sembradas menos de una semana después de la recolección. Al respecto se observó que la semilla de *A. indica* no debe ser almacenada por más de 30 días en las condiciones descritas por Parrota y Chaturvedi, ya que esto reduce su viabilidad. En cuanto a *P. juliflora*, los resultados se encuentran bastante cerca del reporte de Skolmen (2000), quien empleó escarificación con ácido sulfúrico concentrado pasando de 64 % (sin tratamiento) a 88 % utilizando ácido sulfúrico por 10 minutos. Finalmente, el resultado de las semillas de *J. caucana* estuvo muy por debajo del 80 % reportado por Vargas, Duque y Torres (2015) quienes trabajaron en condiciones experimentales y ambientales del Valle del Cauca en Colombia.

### Fase 2. Evaluación en Vivero

En esta sección se presentan los resultados obtenidos para cada variable medida luego de la selección y trasplante de las plántulas donde es de resaltar que el valor del pH de los sustratos, >7.9, observado en el cuadro 1, posiblemente se deba a las características edáficas y ambientales del vivero, donde se presentan brisas con efecto de golpe salino por la cercanía al mar. Esta situación supone la presencia de carbonatos que al reaccionar con los micronutrientes originan compuestos insolubles, lo cual eleva la saturación de las bases y baja la disponibilidad de P. Sin embargo, estas características pueden inducir a las plántulas a encontrar mecanismos que les permitan potencializar la absorción de nutrientes para su desarrollo y de esta manera asegurar la adaptación al campo (Guehl, Falconnet, & Gruez, 1989; J. Mexal & Landis, 1990).

## Diámetro

En cuanto al diámetro se encontraron diferencias significativas solamente entre los tratamientos aplicados a las plántulas de *C. pentandra*, *A. indica*, *M. oleifera* y *J. caucana*. En el caso de *C. pentandra* el tratamiento que produjo el mejor resultado es el STA, con el cual se obtuvo un valor promedio de 1.63 cm. Para las plántulas de *M. oleifera* los mejores tratamientos fueron S y SA, con los cuales se obtuvieron valores promedio de 1.36 y 1.33 cm, respectivamente. Los resultados para las plántulas de *A. indica* y *J. caucana* fueron semejantes, de manera que el mayor diámetro se obtuvo con el tratamiento SA, 0.55 y 0.665 cm, respectivamente. Los resultados para las plántulas de *P. juliflora* no mostraron diferencias significativas entre tratamientos. Rose, Royo, Brichler, & Pardos (1998) sostienen que el crecimiento y desarrollo del diámetro está marcado por la morfología de la plántula, lo cual se manifiesta como respuesta fisiológica a las condiciones ambientales y a las prácticas culturales del vivero. En otras palabras, desde la perspectiva de los autores los parámetros morfológicos son atributos genéticos en los cuales influyen las condiciones del ambiente y el sustrato.

Aunque el diámetro es una variable que debe ser relacionada con otras para ser considerada un indicador de calidad de la plántula, es posible que a partir de sus valores se prediga la supervivencia de la planta en campo. Esto se debe a que a partir del valor de este parámetro se define la robustez del tallo que, al asociarse con el vigor, sugiere el éxito de la plantación. Al respecto, diversos autores (García, Prieto, Aguilar, Huchin & Mejía (2009); Vera, Prieto & Merlín (2003) y Mexal & Landis (1990) han señalado que las plantas con mayor diámetro son más resistentes al doblamiento y toleran mejor los daños. No obstante, los mismos autores reconocen que este parámetro varía de acuerdo con las condiciones del lugar.

## Altura

Se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.01$ ) por especie, tratamiento y muestreo. Las plántulas de *C. pentandra* mostraron los mejores resultados a partir de los tratamientos STA (117 cm), SA (132 cm) y ST (100 cm). El mejor tratamiento para *M. oleifera* fue SA, con el cual se obtuvo un promedio de 176 cm. Este resultado supera lo reportado por (Parrota, 2005), quien señaló que en Puerto Rico esta especie logra entre 20 y 30 cm a las cinco semanas. En el caso del *J. caucana* el mejor comportamiento se logró en S con un promedio de 69 cm. Con las plántulas de *A. indica* se encontró un promedio de 75 cm a partir del tratamiento ST. Este resultado coincide con lo reportado por Parrota & Chaturvedi (2000), quienes afirman que la especie llega a alcanzar en vivero una altura de 10 cm en un periodo de un dos a tres meses y alcanzan alturas de 0.6 a 1.5 m en un año bajo las condiciones ambientales de Cuba. Finalmente, en el caso de *P. juliflora* la máxima altura obtenida fue con el tratamiento STA (103 cm). En general, estos resultados muestran que el sustrato STA obtuvo los mayores promedios para la variable en tres de las cinco especies evaluadas.

La altura de la planta es considerada un buen predictor de elevación en zonas forestales, pero no de supervivencia. De acuerdo con Mexal y Landis (1990) para que esta variable refleje utilidad debe relacionarse con otros parámetros. Así mismo, aunque este parámetro ofrece una aproximación del área fotosintética no permite considerar la arquitectura del tallo (Birchler et al., 1998). Desde otra perspectiva, Cortina, Peñuelas, Puértolas, Savé, & Vilagrosa (2006) encontraron que en clima seco las alturas medias mínimas cercanas a 16 y 7.5 cm en *Quercus ilex* L. y *Pinus halepensis* Mill., respectivamente, incrementaron la supervivencia en más del 80%. No obstante, dichos autores encontraron que en clima semiárido las mayores alturas de *P. halepensis* desfavorecieron la sobrevivencia, lo cual apoya la idea de que esta característica no significa superioridad (Funk, Limstrom, & Laidly, 1974; Thompson, 1985), citado en (Rose et al., 1998).

## Acumulación de biomasa

En el Cuadro 3 se presentan los índices de acumulación de biomasa (g) en respuesta a los diferentes sustratos.

**Cuadro 3**  
Acumulación de biomasa (g) en plántulas de *Moringa oleifera* Lam., *Azadirachta indica* A.Juss., *Jacaranda caucana* Pittier, *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn y *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. evaluada a los 16, 30, 64, 80, 136 y 152 ddt y de la aplicación de los tratamientos en Santa Marta, Colombia.

Especie	<i>Ceiba pentandra</i>					
	M1(16ddt)	M2 (30ddt)	M3 (64ddt)	M4 (80ddt)	M5(136ddt)	M6 (152ddt)
<b>S</b>	3.677 <sup>M</sup>	6.01 <sup>KLM</sup>	18.18 <sup>HU</sup>	33.9 <sup>EF</sup>	38.8 <sup>E</sup>	61.6 <sup>D</sup>
<b>SA</b>	6.79 <sup>KLM</sup>	14.3 <sup>UK</sup>	11.97 <sup>JKLM</sup>	60.63 <sup>D</sup>	75 <sup>C</sup>	129.6 <sup>B</sup>
<b>SCA</b>	3.676 <sup>M</sup>	4.9 <sup>LM</sup>	10.86 <sup>JKLM</sup>	13.38 <sup>IJKL</sup>	56.2 <sup>D</sup>	55.3 <sup>D</sup>
<b>ST</b>	3.33 <sup>M</sup>	3.9 <sup>M</sup>	38.35 <sup>E</sup>	21.35 <sup>GHI</sup>	28.8 <sup>FG</sup>	76.3 <sup>C</sup>
<b>STA</b>	4.191 <sup>M</sup>	8.4 <sup>KLM</sup>	27.66 <sup>FG</sup>	24.78 <sup>GH</sup>	78.6 <sup>C</sup>	142.6 <sup>A</sup>
	<i>Moringa oleifera</i>					
<b>S</b>	3.261 <sup>I</sup>	16.122 <sup>H</sup>	60 <sup>E</sup>	92.75 <sup>C</sup>	124.12 <sup>A</sup>	
<b>SA</b>	3.194 <sup>I</sup>	13.538 <sup>H</sup>	50 <sup>F</sup>	60.058 <sup>E</sup>	119.95 <sup>AB</sup>	
<b>SCA</b>	1.582 <sup>I</sup>	14.472 <sup>H</sup>	26.67 <sup>G</sup>	53.962 <sup>EF</sup>	119.9 <sup>AB</sup>	
<b>ST</b>	2.755 <sup>I</sup>	13.468 <sup>H</sup>	33.37 <sup>G</sup>	80.312 <sup>D</sup>	84.17 <sup>D</sup>	
<b>STA</b>	1.94 <sup>I</sup>	31.089 <sup>G</sup>	60 <sup>E</sup>	80.566 <sup>D</sup>	112.87 <sup>B</sup>	
	<i>Jacaranda caucana</i>					
<b>S</b>	0.479 <sup>N</sup>	0.489 <sup>N</sup>	2.58 <sup>JK</sup>	6.19 <sup>G</sup>	9.9 <sup>G</sup>	14.9 <sup>C</sup>
<b>SA</b>	0.425 <sup>N</sup>	0.85 <sup>MN</sup>	2.29 <sup>KL</sup>	4.79 <sup>HI</sup>	11.2 <sup>DE</sup>	22.9 <sup>A</sup>
<b>SCA</b>	0.332 <sup>N</sup>	0.437 <sup>N</sup>	3.7 <sup>IJ</sup>	4.09 <sup>HI</sup>	10.5 <sup>F</sup>	19.7 <sup>B</sup>
<b>ST</b>	0.217 <sup>N</sup>	0.391 <sup>N</sup>	2.35 <sup>KL</sup>	1.75 <sup>KLM</sup>	4.8 <sup>HI</sup>	11.7 <sup>D</sup>
<b>STA</b>	0.733 <sup>MN</sup>	0.681 <sup>N</sup>	1.25 <sup>LMN</sup>	4.32 <sup>HI</sup>	5.1 <sup>GH</sup>	10.6 <sup>DEF</sup>
	<i>Azadirachta indica</i>					
<b>S</b>	1.166 <sup>O</sup>	5.03 <sup>M</sup>	12.6 <sup>F</sup>	11.13 <sup>GH</sup>	16.4 <sup>E</sup>	
<b>SA</b>	1.299 <sup>O</sup>	8.85 <sup>JK</sup>	7.17 <sup>L</sup>	17.53 <sup>D</sup>	18.8 <sup>C</sup>	
<b>SCA</b>	0.968 <sup>O</sup>	4.365 <sup>M</sup>	8.35 <sup>K</sup>	10.45 <sup>HI</sup>	15.9 <sup>E</sup>	
<b>ST</b>	0.857 <sup>O</sup>	3.169 <sup>N</sup>	12.18 <sup>FG</sup>	12.44 <sup>F</sup>	25.5 <sup>A</sup>	
<b>STA</b>	1.105 <sup>O</sup>	6.816 <sup>L</sup>	9.96 <sup>IJ</sup>	10.95 <sup>HI</sup>	23.1 <sup>B</sup>	
	<i>Prosopis juliflora</i>					
<b>S</b>	1.11 <sup>J</sup>	3.52 <sup>HI</sup>	5.036 <sup>H</sup>	16.88 <sup>E</sup>	21.4 <sup>CD</sup>	22.83 <sup>C</sup>
<b>SA</b>	1.19 <sup>J</sup>	4.643 <sup>H</sup>	5.219 <sup>H</sup>	13.5 <sup>F</sup>	17.84 <sup>E</sup>	25.7 <sup>B</sup>
<b>SCA</b>	0.508 <sup>J</sup>	1.98 <sup>IJ</sup>	4.00 <sup>HI</sup>	9.33 <sup>G</sup>	17.42 <sup>E</sup>	18.3 <sup>E</sup>
<b>ST</b>	0.5501 <sup>J</sup>	2.424 <sup>IJ</sup>	3.841 <sup>HI</sup>	16.22 <sup>E</sup>	20.65 <sup>D</sup>	26.31 <sup>B</sup>
<b>STA</b>	0.36 <sup>J</sup>	4.076 <sup>HI</sup>	5.525 <sup>H</sup>	16.3 <sup>E</sup>	25.27 <sup>B</sup>	31.8 <sup>A</sup>

Tal como se observa en el cuadro 3, *C. pentandra* mostró diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0.01$ ), de manera que los mejores resultados se obtuvieron a los 152 ddt con los sustratos STA seguido por SA, los cuales mostraron mayor acumulación en 61 y 57 %, respectivamente, comparado con SCA, que mostró los menores promedios en la variable. El porte robusto y el crecimiento rápido de esta especie se evidenciaron desde sus primeros estadios. Es posible que esta característica le permita a *C. pentandra* tolerar condiciones adversas.

La mejor respuesta estadística ( $p < 0.01$ ) de acumulación de biomasa para *M. oleifera* se presentó a los 136 ddt con los sustratos S, SA y SCA. De acuerdo con Francis y Lowe (2000) el hábitat natural de esta especie son los cañones semidesérticos de Kenia, ubicados cerca de la frontera etíope, en donde ostenta crecimiento rápido (Arias, 2014; Tsaknis, Lalas, Gergis, Dourtoglou, & Spiliotis, 1999). Los resultados obtenidos ratifican esta dinámica de crecimiento. Por su parte, *J. caucana* mostró mayor acumulación de la variable a los 152 ddt en SA, con lo que superó con diferencias significativas ( $p < 0.01$ ) a los demás tratamientos. Pese a la dificultad en la germinación característica de la especie, esta alcanzó buen desarrollo. Igualmente, debido a su potencial ornamental, medicinal, de conformación morfológica para la sombra y convivencia (Ortiz & Somarriba, 2005) es deseable contar con esta especie en programas agroforestales.

En cuanto a las plántulas de *A. indica*, en este ensayo se observaron diferencias significativas entre tratamientos y muestreos ( $p < 0.01$ ), de manera que

el mayor promedio se obtuvo para el sustrato ST, 136 ddt. Tal como lo plantea Londoño (2009) esta especie desarrolla abundante biomasa y su adaptación resulta exitosa en sitios con baja precipitación y condiciones edáficas poco favorables como las que se tienen en Santa Marta, donde la precipitación anual es menor a los 800 mm y la evapotranspiración supera los 2000 mm, generando las condiciones ideales para la acumulación de sales en los horizontes superiores del suelo. De igual manera, esta especie es de interés debido a los subproductos que genera, así como por las propiedades medicinales e insecticidas características.

Finalmente, *P. juliflora* presentó diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0.01$ ). En este sentido, el STA reportó la mayor cantidad de biomasa, seguido por los sustratos de ST y SA, 152 ddt. Tal como lo señalan Jaimes, Alonso, & Correa (2014) esta especie nativa de zonas áridas y semiáridas, es hogar y fuente de alimento de animales y tolera la sequía. Pese a que existen reportes sobre mecanismos de simbiosis, son pocos los estudios específicos que los identifican. Teniendo en cuenta que el tratamiento SA mostró altos índices de acumulación de biomasa en *C. pentandra*, *A. indica* y *P. juliflora* y que el sustrato SCA reportó los menores valores de la variable en las mismas especies, puede inferirse que la cascarilla produce algún efecto adverso en el desarrollo de plántula, tema que debe ser objeto de un estudio posterior. Al respecto, Cardona, Jarma, & Araméndiz (2014), evaluaron el efecto de diferentes sustratos en plántulas de berenjena (*Solanum melongena* L.) en condiciones de sequía del norte de Colombia y concluyeron que aquellos que contenían cascarilla de arroz y cáscara de coco, presentaron desventajas respecto a otros tratamientos.

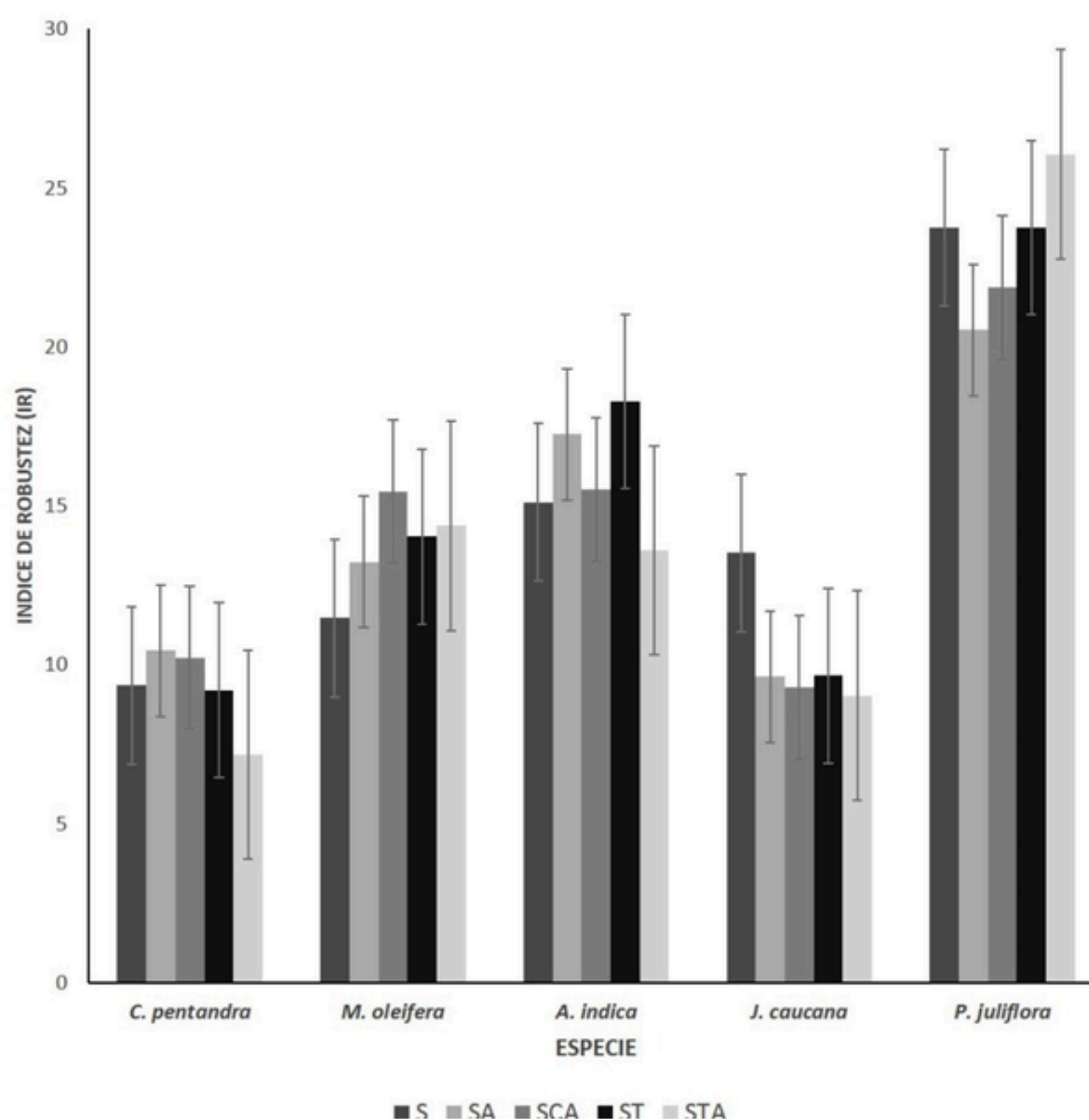
### Acumulación de MST

Luego de la evaluación de esta fase se observaron los siguientes resultados para la curva de crecimiento generada por la acumulación de MST a lo largo del tiempo. Para las plántulas de *M. oleifera* los mejores resultados se obtuvieron a los 136 ddt con los tratamientos S (24.2 g) y STA (18.8 g). En el caso de *P. juliflora* se encontraron diferencias significativas entre tratamientos y épocas de muestreo. De esta manera, los mejores resultados fueron obtenidos con STA (10.87 g) y ST (10.043 g) a los 152 ddt. El menor valor para esta especie se encontró con el sustrato SCA (5.71 g). Las plántulas de *A. indica* mostraron menor crecimiento en los primeros estadios de desarrollo. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los sustratos, donde SCA produjo la mayor acumulación de MST a los 136 ddt (7.169 g), seguido por S (6.620 g). La menor acumulación para la especie la obtuvo ST con 4.446 g. En la especie *J. caucana* el crecimiento fue lento, pero a partir de los 80 ddt se presentó un incremento estadísticamente significativo con los tratamientos SA y SCA.

### Índice de robustez

La Figura 1 muestra los valores de IR obtenidos para cada especie de acuerdo con el tipo de tratamiento. Tal como se muestra en esta, los valores más pequeños se obtuvieron con las plántulas de *C. pentandra*, todos inferiores a 10.5, lo cual se relaciona con una mayor robustez y vigor en el tallo, es decir, mejor calidad. La especie con mayor IR en todos los tratamientos fue la plántula de *P. juliflora* ( $IR > 20$ ), lo que evidencia desproporción entre la altura y el diámetro del cuello de la raíz. Diversos autores han señalado que esta es una planta con diámetro delgado, lo que supone mayor posibilidad de doblamiento y afectación por factores climáticos (Aguirre, Jiménez, Kramer & Akça, 2003; Mateo, Bonifacio, Pérez, Mohedano & Capulín-Grande, 2011; Aguirre et al., 2003). Pese a ello, esta es una especie nativa y se encuentra en la zona con una buena población.

**Figura 1**  
IR en las diferentes especies y tratamientos evaluados en Santa Marta, Colombia



La altura inicial tiende a estar correlacionada con el crecimiento del diámetro del tallo, de manera que las plantas grandes, con tallo grueso, rígido y con una superficie fotosintética grande, compiten por espacio. Cortina et al. (2006) han señalado que en esta etapa de desarrollo en vivero es normal que se presente este fenómeno, ya que las plantas que están agrupadas desarrollan más altura que diámetro. Es necesario mencionar que, aunque este fenómeno pueda resultar económicamente ventajoso para el productor, mayor altura en menor tiempo, morfológicamente afecta la calidad de la plántula. García et al. (2009) han señalado que las plantas jóvenes y pequeñas con tallos gruesos, rígidos y sistema radical extenso, se adaptan mejor a sitios secos. Sin embargo, es posible que las plántulas de *P. juliflora* presenten inconvenientes en las primeras etapas de vivero, lo cual se evidencia con los índices IR más altos. No obstante, una vez la planta es adulta presenta características más favorables de calidad (Rueda et al., 2014) y se adapta a los sitios secos. Es necesario considerar otros aspectos ligados a esta especie que no fueron valorados en el presente estudio.

Finalmente, con el tratamiento STA las especies de *C. pentandra*, *A. indica* y *J. caucana* mostraron los valores más bajos de IR, por lo que se puede inferir que este sustrato proporcionó características favorables para el desarrollo proporcional de las plántulas. Por su parte, Rodríguez (2008) plantea que, para las condiciones de México, los valores más bajos de IR indican que se trata de plantas más bajas y gruesas, aptas para sitios con limitación de humedad, mientras que los valores superiores predisponen a los daños por viento y sequía.

### Relación Masa seca aérea/Masa seca Raíz

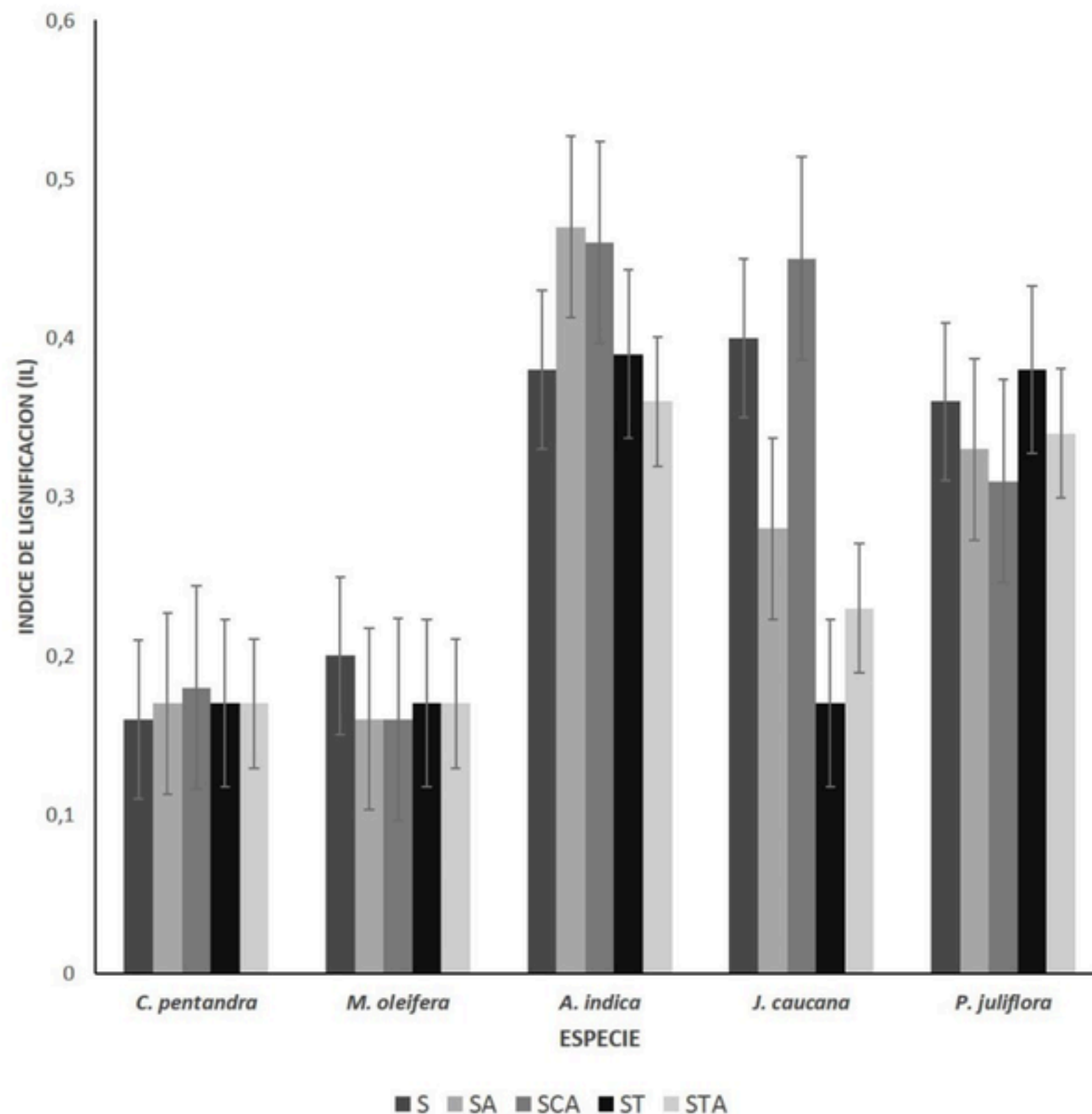
La relación masa seca de la parte aérea y de las raíces ( $D_p$ ) es un parámetro que expresa el desarrollo adecuado de la plántula. Así, un valor  $D_p = 1$  significa que la biomasa aérea es igual a la subterránea,  $D_p < 1$  que la biomasa subterránea es mayor que la aérea y  $D_p > 1$  que la biomasa aérea es mayor a la de raíz (Rodríguez, 2008). Según Sáenz, Villaseñor, Muñoz, Rueda, & Prieto (2010), una adecuada relación debe fluctuar entre 1.5 y 2.5 cuando se trata de viveros forestales de clima templado. Valores superiores, permiten entrever que la planta puede presentar un sistema de raíces insuficiente para sostener y proveer nutrientes a la parte aérea. No obstante, de acuerdo con Thompson (1985) las plántulas deben presentar una relación lo más baja posible para asegurar mayor supervivencia. De acuerdo con los resultados obtenidos las plántulas de *C. pentandra* y *J. caucana* en

el sustrato STA presentaron los valores Dp más cercanos a lo recomendado por Thompson (1985) (Dp=2.8 a los 152 ddt). Con el mismo tratamiento la especie *M. oleifera* obtuvo un Dp=2.77 a los 136 ddt. Por su parte, *A. indica* mostró un valor Dp=2.8 a los 80 ddt bajo el tratamiento ST. Finalmente, la especie *P. juliflora* presentó solamente un tallo a lo largo del ensayo, a partir del cual se obtuvieron valores alejados de los parámetros ideales expresados por Thompson (1985).

### Índice de lignificación

La Figura 2 muestra el IL, denominado por Vera et al. (2003) como nivel de pre-acondicionamiento al campo, por especie y tratamiento. Tal como se observa en dicha figura, en el caso de las plántulas de *C. pentandra* no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, no obstante, el valor más alto se obtuvo con el sustrato SCA. En el caso de *M. oleifera* S resultó el tratamiento que produjo los valores más altos. Para *J. caucana*, los tratamientos SA y SCA aunque sin diferencias estadísticas, produjeron los valores más altos en la variable. Finalmente, los resultados más sobresalientes para *A. indica* y *P. juliflora* fueron el SCA y el ST, respectivamente. Teniendo en cuenta que la lignificación del tallo provee soporte a la planta ante el estrés hídrico, el cual de acuerdo con Ávila, Prieto, Hernández, Whehenkel & Corral (2014) y Calleros et al. (2004), se traduce en menor crecimiento, las especies *J. caucana*, *A. indica* y *P. juliflora* presentan mayores posibilidades de adaptación al campo.

**Figura 2**  
Índice de Lignificación en las diferentes especies y tratamientos evaluados en Santa Marta, Colombia.



### Tasa de crecimiento relativo

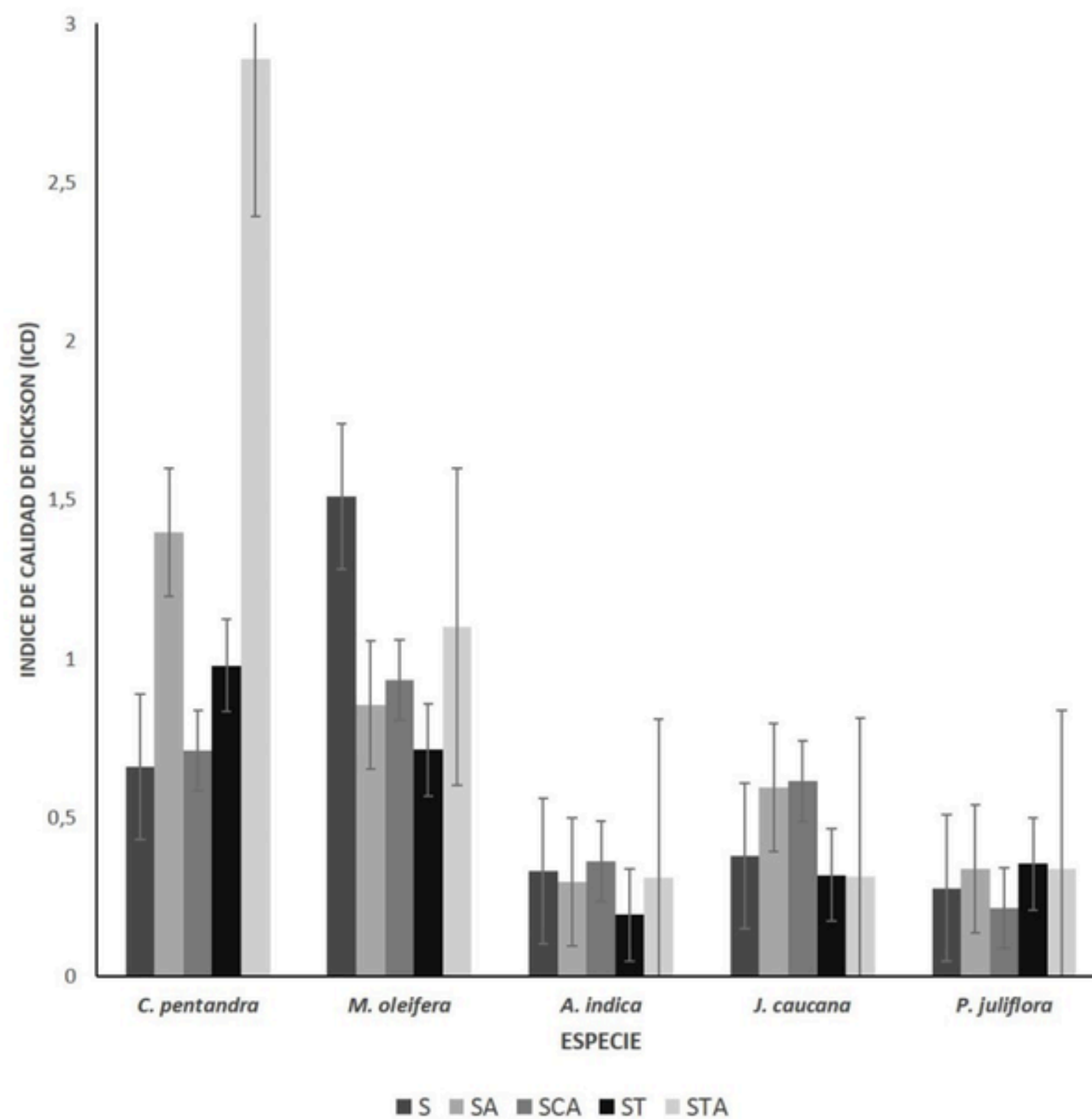
En relación con la TCR, en esta fase de evaluación se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los sustratos ( $p < 0.01$ ). El mayor índice de crecimiento para *C. pentandra* y *P. juliflora* se produjo con el tratamiento STA, 0.158 y 0.072, respectivamente. En *M. oleifera* se destacó el sustrato S con 0.178, en el *J. caucana* el tratamiento SA con 0.07, mientras que en *A. indica* el SCA con 0.053. De acuerdo con estos resultados, las plántulas de *C. pentandra* y *M. oleifera* presentaron mayores valores de TCR, es decir, lograron mayores tasas de crecimiento en menor tiempo. De acuerdo con Medina, García, Clavero e Iglesias (2007) quienes trabajaron en condiciones de Trujillo en Venezuela, esta característica les otorga a las especies ventajas en condiciones ambientales favorables. Sin embargo, aunque los resultados para *A. indica* y *P. juliflora* podrían indicar menor tasa de crecimiento, no se descarta una mayor tolerancia al estrés ambiental tal como lo indican Villar et al. (2004).

### Índice de calidad de Dickson

Cobas, Bonilla & Ramos (2015), Rueda et al. (2014) y Sáenz et al. (2010) señalan que el ICD es el parámetro más acertado para evaluar calidad de las plántulas. De acuerdo con dichos autores, las características anteriormente estudiadas no pueden por sí mismas describir la calidad y expresar el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez. Así mismo, para Fonseca, Alice y Rey (2009) y García et al. (2009), con este parámetro se evita seleccionar plantas desproporcionadas. Dickson, Leaf, & Hosner (1960) plantean que este índice permite apreciar las diferencias morfológicas entre las plántulas y a partir de una muestra, predecir su comportamiento en el campo. Por su parte Sáenz et al. (2010) señalan que el ICD de las plantas en viveros forestales de clima templado de México, oscila entre 0.2 y 0.5. Además, para dichos autores los valores menores a 0.2 son considerados de baja calidad, entre 0.2 y 0.5 de calidad media, y mayores a 0.5 de calidad alta.

De acuerdo con los resultados, los mayores valores ICD se lograron con los sustratos STA, S y ST en *C. pentandra*, *M. oleifera* y *P. juliflora* (ver Figura 3). En el caso de *J. caucana* y *A. indica*, los mayores valores de este índice se obtuvieron con el tratamiento SCA. En cuanto a las especies *A. indica* y *P. juliflora* el comportamiento del ICD puede ser caracterizado como medio. En términos generales los sustratos favorecen el desarrollo de las especies, de manera que se obtienen plántulas con equilibrio en la distribución de la masa y la robustez ( $ICD > 0.2$ ). Sin embargo, las plantas obtuvieron mayor ICD en los tratamientos que contenían turba y abono, lo que puede estar relacionado con un mayor aporte de nutrientes y mejores condiciones físicas del sustrato (Díaz, Torres, Sánchez & Arévalo, 2013).

**Figura 3**  
Índice de calidad de Dickson (ICD), último muestreo por especie y tratamiento evaluado en Santa Marta, Colombia



## 4. Conclusiones

La utilización de las especies estudiadas en programas agroforestales en la zona considerada en el presente estudio puede ser una alternativa viable contra la degradación, dada su capacidad de adaptación reflejada en la acumulación de biomasa.

Por otro lado, las especies evaluadas responden de manera diferente a cada tipo de sustrato. Las especies *Azadirachta indica* A. Juss., *Jacaranda caucana* Pittier y *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn, mostraron mayor IR con el tratamiento STA, característica que resulta deseable para la producción del material en vivero.

Finalmente, todas las especies evaluadas reportan ICD > 0.2, lo que sugiere una alta posibilidad de adaptación al área de estudio. El hecho de que las especies *Azadirachta indica* A. Juss., *Jacaranda caucana* Pittier y *Prosopis juliflora* (Sw.) DC., presenten mayores valores en IL sugiere mayor oportunidad de sobrevivencia una vez se traslade la plántula al sitio definitivo. De esta manera, se ratifica la importancia del ICD como parámetro de calidad de plántulas en la zona.

## Referencias bibliográficas

- Aguirre, Ó., Jiménez, J., Kramer, H., & Akça, A. (2003). Análisis estructural de ecosistemas forestales en el Cerro del Potosí, Nuevo León, México. *Ciencia UANL*, 6(2). Recuperado a partir de <http://eprints.uanl.mx/1220/>
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2008). Los impactos del cambio climático sobre las comunidades campesinas y agricultores tradicionales y sus repuestas adaptativas. *Agroecología*, 3, 7-28.
- Arias, C. (2014). Estudio de las posibles zonas de introducción de la *Moringa oleifera* lam. En la Península Ibérica, Islas Baleares e Islas Canarias (Grado). UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, Madrid. Recuperado a partir de [http://oa.upm.es/23094/1/PFCARIAS\\_SABIN.pdf](http://oa.upm.es/23094/1/PFCARIAS_SABIN.pdf)
- Ávila, I., Prieto, J., Hernández, J., Whehenkel, C., & Corral, J. (2014). Preacondicionamiento de *Pinus engelmannii* Carr. mediante déficit de riego en vivero. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 20(3), 237-245. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2014.02.004>
- Calleros, P. Moncivais, J., Oviedo, E., Chaidez, J., Pérez, J., & Ruiz, J. (2004). Estrés hídrico en «*Pinus engelmannii*» Carr., producido en vivero. *Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales*, 13(3), 443-451.
- Cardona, C., Jarma, A., & Araméndiz, H. (2014). Mecanismos de adaptación a sequía en caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 7(2), 277-288. <https://doi.org/10.17584/rcch.2013v7i2.2242>
- China, J. (2000). Ceiba. En J. Francis & C. Lowe (Eds.), *Bioecología de Árboles Nativos y Exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales* (USDA, p. 135-138.). Puerto Rico: USDA. Recuperado a partir de [http://data.fs.usda.gov/research/pubs/iitf/Bioecologia\\_gtr15.pdf](http://data.fs.usda.gov/research/pubs/iitf/Bioecologia_gtr15.pdf)
- Cortina, J., Peñuelas, J., Puértolas, J., Savé, R., & Vilagrosa, A. (2006). Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos (Organismo Autónomo Parques Nacionales, Vol. 1). Madrid: Ministerio de Medio Ambiente. Recuperado a partir de [http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/calidad\\_planta\\_forestal\\_tcm7-22941.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/calidad_planta_forestal_tcm7-22941.pdf)
- Dickson, A., Leaf, A., & Hosner, J. (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *For. Chron*, 36, 10-13.
- FAO. (2012). Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. (A. Speedy & P. Pugliese, Eds.) (FAO). Rome: FAO. Recuperado a partir de <http://www.fao.org/docrep/003/t0632e/t0632e00.htm>
- Francis, J., & Lowe, C. (Eds.). (2000). *Bioecología de Árboles Nativos y Exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales* (USDA). Puerto Rico: USDA. Recuperado a partir de [http://data.fs.usda.gov/research/pubs/iitf/Bioecologia\\_gtr15.pdf](http://data.fs.usda.gov/research/pubs/iitf/Bioecologia_gtr15.pdf)
- Funk, D., Limstrom, G., & Laidly, P. (1974). Tall Yellow-Poplar seedlings still three years ahead of others. *Tree Planters' Notes*, 25(1), 8-9.
- García, L., Prieto, A., Aguilar, L., Huchin, S., & Mejía, M. (2009). Producción de planta del género pinus en vivero en clima templado frío (INIFAP). México: INIFAP. Recuperado a partir de <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/handle/123456789/2091>
- García, M. (2007). Importancia del plantín forestal (Vol. 1, pp. 1-10). Presentado en XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Área Forestal de la EEA Concordia del INTA, Argentina: INTA. Recuperado a partir de <http://anterior.inta.gov.ar/concordia/info/Forestales/contenido/pdf/2007/312.II.GARCIA.pdf>
- Guehl, J., Falconnet, G., & Gruez, J. (1989). Caractéristiques physiologiques et survie après plantation de plants de *Cedrus atlántica* élevés en conteneurs sur différents types de substrats de culture. *Annales des Sciences Forestières*, 46, 1-14.
- Jaimés, J., Alonso, D., & Correa, D. (2014). Preparación y determinación de las propiedades funcionales del concentrado proteico de trupillo (*Prosopis juliflora*). *Bioteconología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 12(1), 144-152.
- Mexal, J., & Landis, T. (1990). Target seedling concepts: height and diameter. General Technical Report RM - Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, U.S. Department of Agriculture, Forest Service (USA). Recuperado a partir de

<http://morasc.nmsu.edu/docs/Target%20Seedling%20Concepts%20Height%20and%20Diameter.pdf>

Negreros, P., Apodaca, M., & Mize, C. (2010). Efecto de sustrato y densidad en la calidad de plántulas de cedro, caoba y roble. *Madera y bosques*, 16(2), 7-18.

Ortiz, M., & Somarriba, E. (2005). Sombra y especies arbóreas en los cacaotales de Alto Beni, Bolivia. Recuperado a partir de <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr:8080/handle/11554/6833>

Parrota, J. (2005). Moringa. *Agroforestería en las Américas*, 43, 54-61.

Parrota, J., & Chaturvedi, A. (2000). Neem. En J. Francis & C. Lowe (Eds.), *Bioecología de Árboles Nativos y Exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales* (USDA, pp. 366-371). Puerto Rico: USDA. Recuperado a partir de [http://data.fs.usda.gov/research/pubs/iitf/Bioecologia\\_gtr15.pdf?](http://data.fs.usda.gov/research/pubs/iitf/Bioecologia_gtr15.pdf?)

Rodríguez, D. (2008). Indicadores de calidad de planta forestal. Mexico: Mundi Prensa. Recuperado a partir de [https://www.researchgate.net/publication/49110935\\_Indicadores\\_de\\_calidad\\_de\\_planta\\_forestal\\_DA\\_Rodriguez\\_Trejo](https://www.researchgate.net/publication/49110935_Indicadores_de_calidad_de_planta_forestal_DA_Rodriguez_Trejo)

Rose, R., Royo, A., Brichler, T., & Pardos, M. (1998). La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales*, 7(1), 109-122.

Rueda, A., Benavides, J., Saenz, J., Flores, M., Jesús, H., Prieto, J., & Orozco, G. (2014). Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 5(22), 58-73.

Sáenz, T., Villaseñor, F., Muñoz, H., Rueda, A., & Prieto, J. (2010). Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán, México. INIFAP. Recuperado a partir de <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1289/CALIDAD%20DE%20PLANTA%20EN%20VIVEROS%20FORESTALES%20DE%20MICHOCAN%20MEXICO%202010.pdf?sequence=1>

Salcedo, S., & Guzmán, L. (2014). *Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de política*. Santiago de Chile: FAO. Recuperado a partir de <http://www.fao.org/docrep/019/i3788s/i3788s.pdf>

Skolmen, R. (2000). *Prosopis juliflora*. En J. Francis & C. Lowe (Eds.), *Bioecología de Árboles Nativos y Exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales* (USDA, pp. 428-431). Puerto Rico: USDA. Recuperado a partir de [http://data.fs.usda.gov/research/pubs/iitf/Bioecologia\\_gtr15.pdf?](http://data.fs.usda.gov/research/pubs/iitf/Bioecologia_gtr15.pdf?)

Thompson, B. (1985). Seedling morphological evaluation. What can you tell by looking. En M. L. Duryea (Ed.), *Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Tests: Proceedings of the Workshops Held October 16-18 1984 (Oregon)*, pp. 59-65. Corvallis: Forest Research Laboratory, Oregon State University.

Torres, G., Carvajal, D., & Arguedas, M. (2011). Reproducción de especies arbóreas y arbustivas para la región central de Costa Rica. (Informe Final No. 1) (p. 65). Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica. Recuperado a partir de <http://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/727>

Tsaknis, J., Lalas, S., Gergis, V., Dourtoglou, V., & Spiliotis, V. (1999). Characterization of *Moringa oleifera* variety Mbololo seed oil of Kenya. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(11), 4495-4499.

Vera, G., Prieto, A., & Merlín, B. (2003). Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. INIFAP, 20.

Villar, R., Ruíz, J., Quero, J., Poorter, H., Valladares, F., & Marañón, T. (2004). Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. En F. Valladares (Ed.), *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante* (pp. 193-230). Madrid: EGRAF S.A. Recuperado a partir de <http://www.aloj.us.es/grnm210/pdf/Glob7.pdf>

---

1. Universidad del Magdalena, Santa Marta Colombia. Carrera 32 No. 20-08 Santa Marta, tel 5754217940, [saguirre@unimagdalena.edu.co](mailto:saguirre@unimagdalena.edu.co)

2. Universidad del Magdalena, Santa Marta Colombia. Carrera 32 No. 20-08 Santa Marta, tel 5754217940, Correo electrónico de contacto: [npiraneque@unimagdalena.edu.co](mailto:npiraneque@unimagdalena.edu.co)

3. Drummond. Ingeniero Agroforestal tel 57 54217940, [nelson371012@hotmail.com](mailto:nelson371012@hotmail.com)

---

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015  
Vol. 39 (Nº 47) Año 2018

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a [webmaster](mailto:webmaster)]