

## Original

### Manejo del endurecimiento por sustrato de las plántulas de acacia para elevar supervivencia en campo

**Manage of the hardening for substrate of the plantlets of Acacia to elevate survival in field**

Ing. Franklin Leyva Rodríguez, UEB Silvícola Campechuela, Granma, Cuba.

M. Sc. Mario Zamora Pérez, Profesor auxiliar, Universidad de Granma, Cuba,

[mzamorap@udg.co.cu](mailto:mzamorap@udg.co.cu)

Lic. Rafael Ángel Cordoví Díaz, Profesor asistente, Universidad de Granma, Cuba,

[rcordovid@udg.co.cu](mailto:rcordovid@udg.co.cu)

M. Sc. Orlando Torres Corrales, Profesor asistente, Universidad de Granma, Cuba,

[otorres@udg.co.cu](mailto:otorres@udg.co.cu)

Recibido: 18/12/2018      Aceptado: 26/1/2019

## RESUMEN

El trabajo se realizó en el vivero de Cienaguilla perteneciente de la Unidad Empresarial de Base Silvícola Campechuela (UEB) con el objetivo de evitar el ataque del "Damping off" en el cultivo de la *Acacia mangium Will* en la etapa de vivero y evaluar la supervivencia en la plantación y su desarrollo en diferentes sitios de plantación. El montaje se apoyó en un diseño de bloques completamente al azar con tres réplicas. Se evaluaron la efectividad de tres tratamientos pregerminativos aplicados. En este estado de vida se evaluaron los atributos e índices morfológicos y fisiológicos a saber: diámetro de cuello de la raíz, altura, relación PA/PR, esbeltez índice de Dickson, porcentaje de raíces finas y gruesas. En la etapa de plantación se la evaluó la supervivencia y el desarrollo de los diferentes parámetros dasométricos en diferentes sitios de plantación.

**Palabras claves:** acacia mangium will; damping off; supervivencia; vivero

## ABSTRACT

The work one carries out in the nursery of Cienaguilla belonging of the Managerial Unit of Base Silvícola Campechuela (UEB) with the objective of avoiding the attack of the "Damping off" in the

cultivation of the *Acacia mangium* Will in the nursery stage and to evaluate the survival in the plantation and their development in different located of plantation. The assembly leaned on totally at random in a design of blocks with three replicas. They were evaluated the effectiveness of three treatments applied pregerminatives. In this state of life the attributes and morphological and physiologic indexes were evaluated that is: diameter of neck of the root, height, relationship PA/PR, index slenderness of Dickson, percentage of fine and thick roots. In the plantation stage it evaluated it to him the survival and the development of the different parameter dasometrics in different plantation places.

**Key words:** *acacia mangium* will, damping off, survival, nursery

## **INTRODUCCIÓN**

La agricultura sostenible necesita bosques sanos y productivos. Los bosques y los árboles respaldan la agricultura sostenible debido a que, entre otras cosas, estabilizan los suelos y el clima, regulan los flujos de agua y proporcionan sombra, refugio y un hábitat a los polinizadores y los depredadores naturales de plagas agrícolas. Cuando se integran en los territorios agrícolas, los bosques y los árboles permiten aumentar la productividad de la agricultura.

También ayudan a proporcionar seguridad alimentaria a cientos de millones de personas, para quienes constituyen importantes fuentes de alimentos, energía e ingresos durante épocas difíciles. Reconocer estas compensaciones recíprocas y encontrar un equilibrio entre ellas: en particular entre los beneficios a corto y a largo plazo, los bienes públicos locales y los mundiales y las distintas comunidades y sectores que permitirá a los encargados de formular las políticas Orientar mejor los recursos para poder acelerar los logros en todo el ámbito de la Agenda 2030. (ONU, 2018)

Para lograr la obtención de planta con mejores característica morfológica y fisiológica es necesario el desarrollo de técnica cultural desde el vivero logrando obtener planta resistente al estrés de la plantación, con buena capacidad fotosintética y que disponga de reserva que permita iniciar, con vigor, su crecimiento en el campo, propiciaría el fomento de bosque con calidad. El tipo de sustrato, el envase a utilizar, la elección de la semilla, así como un manejo adecuado del riego adecuadamente, son los elementos principales para obtener plantas de calidad y resultado económicamente satisfactorio.

Históricamente la determinación de la calidad de las plantas viene dada por su capacidad de sobrevivir bajos de estrés y producir un crecimiento vigoroso en plantación. Uno de los factores

que ejerce mayor influencia sobre la calidad es el tipo de sustrato empleado y el manejo adecuado del riego en el vivero los cual nos permite integrar numerosa característica fisiológica y morfológica que controlan las pasibilidades de desarrollo crecimiento ulterior de la planta en campo.

Con la introducción de nuevas especies en el ámbito forestal nos obliga a buscar nuevas alternativas que nos permita viabilizar la introducción de las mismas y la baja supervivencia de la *Acacia mangiun Will* en la etapa de vivero, debido al ataque del Damping off y la alta mortalidad en las plantaciones limitan el avance del establecimiento de nuevas aéreas.

Por lo que se propone evitar el ataque del *Damping off Acacia mangiun Will* en la etapa de vivero y elevar la supervivencia de las *Acacia mangiun Will* en la plantación y su desarrollo en diferente sitios de plantación.

## Población y Muestra

El cultivo de las plantas de *Acacia mangiun Will* realizó en el área del vivero ubicada en el área de Jíbaro perteneciente al UEB silvícola Campechuela. Las semillas utilizadas durante la investigación fueron procedían de la EFI Villa Clara. La siembra se realizó el 7 de Enero del 2013 utilizando como material de cubierta aserrín descompuesto de anacaguita.

Durante este tiempo las lluvias fueron escasas, las temperaturas se mantuvieron entre los 28,6 °C y los 32,1 °C, las cuales se consideran medias en este rango, hubo una evaporación 4,39 mm a 6,88 mm, la humedad relativa estuvo comprendida entre el 71 % y el 82 %.

## Materiales y métodos

Composición del sustrato utilizado en la producción de *Acacia mangiun Will*

Sustrato	Abreviatura	Tratamiento	Composición (%)
Suelo <sub>fr</sub> +Arena + Mat. Orgánica	S <sub>fr</sub> +AR+MO	S1	70 +10 +20
Suelo <sub>fr</sub> +Arena + Mat. Orgánica	S <sub>fr</sub> +AR+MO	S2	60 +20 +20
Suelo <sub>fr</sub> +Arena + Mat. Orgánica	S <sub>fr</sub> +AR+MO	S2	50 +30 +20

\* Suelo<sub>fr</sub> suela Ferralítico rojo

Características químicas de los sustratos utilizados por tratamiento

Sustratos	Cenizas (%)	Hy (%)	MO (%)	Ca (%)	Mg (%)	K (%)	Na (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	N (%)
S1	60,15	30,47	39,85	0,23	0,14	0,051	0,034	0,57	2,7
S2	59,11	23,7	36,1	4,56	0,12	0,73	0,10	0,69	2,64
S3	27	8,45	36,89	6,8	1,10	0,79	0,24	0,34	2,4

El riego fue dos veces al día (R1), en los primeros 10 diez días durante la germinación, (R2) un riego diario desde los 11 días hasta 35 días, (R3) un riego en días alterno desde los 36 hasta los 66 días y (R4) un riego cada tres días desde 67 hasta 80 días.

Análisis físico de los sustratos utilizados en el llenado de los bolsos

Sustrato	g/cm <sup>3</sup>		Porosidad (%)	Tamaño de las partículas		
	Da	dr		2- 0,2	0,2 – 0,02	> 0,02
S1	0,63	1,63	66	60,05	35,95	14,00
S2	0,67	1,72	70	63,05	28,95	8,00
S3	0,16	1,12	75	70,1	23,0	6,9
da (densidad aparente) dr (densidad real)						

El *damping-off* es una enfermedad común que afecta semillas, en germinación y plántulas jóvenes antes de que sus tallos se lignifiquen.

Se realizo una caracterización física-química de los sustratos, analizándose los atributos de calidad de la planta como: altura, diámetro, área foliar, el por ciento de raíces finas y raíces gruesas, la relación parte aérea - parte radical, índice de esbeltez y el índice de Dickson.

Tratamiento de la densidad metro cuadrado por sustratos

		Sustrato			
		S1	S2	S3	
S1 (S <sub>fr</sub> 70		200 / M <sup>2</sup>	200 /metro cuadrado	200 /metro cuadrado	% + AR 10
%+ MO 20		220/metro cuadrado	220/metro cuadrado	220/metro cuadrado	20 %): S2 (S <sub>fr</sub>
60 % + AR		240 /metro cuadrado	240 /metro cuadrado	240 /metro cuadrado	20 % +MO
20 %): S3 (S <sub>fr</sub> 50 % + AR 30 % + MO 20 %)					

También se realizaron correlaciones entre la supervivencia y varios atributos para demostrar que a partir de este estudio permita pronosticar el comportamiento de las plántulas en el campo.

Semillas tratadas

Cantidad de semillas tratadas	Tratamientos pregerminativos
<b>A (100)</b>	Mantener la semilla durante 30 sg agua tibia (45) °C + 24 horas en agua al tiempo con cambios cada 12 horas
<b>B (100)</b>	Mantener la semilla durante 45 sg agua tibia (45) °C + 24 horas en agua al tiempo con cambios cada 12 horas
<b>C (100)</b>	Mantener la semilla durante 30 sg agua tibia (45) °C + 48 horas en agua al tiempo con cambios cada 12 horas
<b>D (Testigo)</b>	Sin tratamiento

Para el estudio del comportamiento de los diferentes tratamientos en la calidad de las plantas de por estimación. Se determinaron las correlaciones entre todos los parámetros morfológicos *Acacia mangium* Will es necesario la realización de diferentes análisis estadísticos. Se utilizó un Anova simple y múltiple para determinar la existencia de diferencias significativas entre las variables estudiadas, además se realizó la comparación de medidas de Duncan para las variables que cumplieran con una distribución normal.

A las semillas se le realizaron varios tratamientos pregerminativos.

Composición de los tratamientos.

Tratamiento	Abreviatura	Composición
<b>S1</b>	S1+R*	S <sub>fr</sub> 70 % + AR 10 % + MO 20 % + R*
<b>S2</b>	S2+R*	S <sub>fr</sub> 60 % + AR 20 % + MO 20 % + R*
<b>S3</b>	S3+R*	S <sub>fr</sub> 50 % + AR 30 % + MO 20 % + R*

R\* Se aplico en mismo régimen de riego a todos los tratamiento.

Para la realización de estos análisis se utilizó el paquete estadístico SPSS 11.5.1. Se determinó el costo de cada sustrato utilizado en la investigación teniendo en cuenta los gastos de combustibles, materiales y salarios, el valor de los costos se compara con el sustrato empleado (por la empresa). Además se tiene en cuenta el ahorro de salario y combustible por concepto de disminución del tiempo en vivero y de la pérdida de la producción y la supervivencia de las plantaciones.

Tipo de suelos donde se realizaron las plantaciones.

Suelos	Características
<b>Ferralítico amarillentos concrecionario</b>	Se desarrolla a partir de arenisca silíceas y roca ígnea ácida, profundidad pedológica varía desde medianamente profunda hasta poco profunda (20-50 cm), el contenido de materia orgánica va desde 2- 4 % medianamente humificados hasta mayor de 2 % a poco humificados presencia de concreciones desde 5 - 50 %, textura arcillosa, con predominio de de tipo 1:1 caolinita, profundidad efectiva es poco profunda 25 - 50 cm.
<b>Esqueléticos</b>	Son suelos que procesos naturales o antropicos, son pobres en nutrientes, con una profundidad efectiva de 10 cm, no tienen fertilidad natural por haber perdido todos los horizontes y aflorar la roca madre.
<b>Fersialítico pardo rojiza Típico</b>	Se desarrolla a partir de roca ígneas ácidas, calizas duras suaves, la profundidad pedológica varía desde medianamente profunda hasta profunda, el contenido de materia orgánica entre mayor 2,0 % hasta 6,0 %, textura arcillosa y afectado por graviliosidad en el rango desde 2-15 % hasta fuerte 51- 90 %.

## Resultados y discusión

El proceso de germinación comenzó a los 7 días como promedio, después de haber colocado las semillas a pregerminadores extendiéndose hasta los 15 días, la máxima germinación se observó entre los 10 y 12 días.

La tabla 1 muestra el resultado obtenidos con la aplicación de los diferentes procesos pregerminativos, observándose que el más efectivo fue el tratamiento (A) con un 89 % mostrando diferencia significativa con el resto de los tratamientos aplicado.

El tratamiento (A) tuvieron una mayor influencia sobre la germinación de las semillas, por no exponer las semillas a altas temperatura por tiempo prolongado, a pesar que las misma tienen una testa muy dura, las exposición por más de 30 segundo al calor afecta al cotiledón, el cual muestra cambio en su coloración con relación al tratamiento (A), el sustrato no tuvieron influencia sobre el proceso germinativo porque las semilla de los diferente tratamiento fueron puesta sobre el mismo lecho de pregerminación.

Según (Gonsalves y Poggiani 1996) citado por Caldeira *et al.* (2000) determinaron que la germinación de semillas está directamente relacionado con características de los sustratos, tales como: aireación, drenaje, retención de agua.

Tabla 1. Comportamiento de la germinación por sustratos.

Tratamiento pregerminativo aplicado	Duración de la germinación en días	(%) de las plantas germinadas.
A	20	92 a
B	20	86 b
C	20	81 c
D	20	50 d

Como su puede observar en la tabla 2, se muestra las incidencia de los ataque de *Damping off* a los diferentes tratamiento los mejores resultados se alcanzaron en el sustrato S2 y S3 con una densidad de 200 bolsos por m<sup>2</sup> con 0 % de ataques, no mostrando diferencia significativa con S1 a 200 bolsos por m<sup>2</sup> pero si de estos con el resto de los tratamientos, donde la presencia del *Damping off* fue donde bolsas por metro cuadrado fue aumentado, afectando el drenaje interno de los sustratos aunque su propiedades físicas como la porosidad estaba entre 66-75 %, el mayor porcentaje de las partículas era de 2-0,2 mm con un 70 a 60 %, aun así mientras aumentaba densidad de bolsas se retuvo mayor tiempo la humedad y se crearon los

condiciones para hubiera en exceso de humedad y aparecieran los ataque de este hongo, las densidades analizadas en otras especies forestales son optimas para su cultivo en viveros.

Pérez y Vargas, (1995) los sustratos pueden retener una gran parte de su contenido hídrico a altas densidades de bolsas por metro cuadrado, por lo que densidades menores serán suficientes para eliminar un gran volumen de agua de los poros que, de este modo, se irán enriqueciendo en aire.

**Tabla 2. Comportamiento de los tratamientos por densidades de bolsas por m<sup>2</sup>.**

<b>Sustrato</b>		
<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>
200 M <sup>2</sup> - 0,8 a	200 M <sup>2</sup> - 0 a	200 M <sup>2</sup> - 0 a
220 M <sup>2</sup> - 8,8 b	220 M <sup>2</sup> - 9,6 bc	220 M <sup>2</sup> - 7,6 b
240 M <sup>2</sup> - 22,6 e	240 M <sup>2</sup> - 11 d	240 M <sup>2</sup> - 8,5 b

S1 (S<sub>fr</sub> 70 %+ AR 10 %+ MO 20 %): S2 (S<sub>fr</sub> 60 % + AR 20 % + MO 20 %): S3 (S<sub>fr</sub> 50 % + AR 30 % + MO 20 %)

Según Oliet, (2001) la altura es un indicador del grado de desarrollo de la parte aérea, por lo que presenta fuertes correlaciones con el número de hojas y con la superficie foliar, que determinan los procesos fotosintéticos y de transpiración.

El análisis estadístico realizado a la variable altura a los 70 días detectó diferencias significativas entre los sustratos empleados Tabla 3, la mayor altura de las plantas corresponde a al tratamiento S2, mostrando diferencia significativa con relación a los tratamientos S1 y S3, pero entre ellos no mostraron diferencia significativa.

Se observaron diferencias en cuanto al crecimiento de las plantas en cada sustrato, el mayor valor de altura fue en S2, el cual mostró los mayor valores de macronutrientes esenciales para el crecimiento y de densidad, estando en función de la granulometría y tamaño de las partículas en los sustratos proporcionando mayor porosidad y una mejor infiltración, evitando el encharcamiento en el sustrato y disponibilidad de agua necesaria para las plantas.

Lo anterior coincide con lo expresado por Lavado, (2000), las propiedades físicas de los sustratos influyen directamente en el crecimiento de las plantas, la reducción del crecimiento de la altura en S1 y S3 puede estar relacionado con el contenido de humedad, pues son los sustratos con menores valores de densidad, favoreciendo la exposición de las plantas a un estrés hídrico; al respecto Villar, *et al.*, (2000) expresaron que la falta de agua en las plantas ocasiona una reducción de su crecimiento en altura.

**Tabla 3. Altura media a los 70 días por tratamiento expresado en (cm)**

<b>Sustrato</b>
-----------------

Endurecimiento por sustrato de las plántulas de acacia

S1	S2	S3
25,41 b	29,24 a	24,05 b

S1 (S<sub>fr</sub> 70 % + AR 10 % + MO 20 %): S2 (S<sub>fr</sub> 60 % + AR 20 % + MO 20 %): S3 (S<sub>fr</sub> 50 % + AR 30 % + MO 20 %)

Al respecto Barnett, (1984) plantea que el diámetro del cuello de la raíz, es uno de los atributos morfológicos más ampliamente utilizados en la caracterización de la calidad de la planta. Ofrece una relación muy favorable entre el bajo costo de su medición y su capacidad de pronóstico de respuesta en el campo, especialmente en zonas adversas donde las predicciones de crecimiento y particularmente de supervivencia son más difíciles de establecer.

Como se aprecia en la tabla 4, el análisis estadístico realizado al comportamiento del diámetro en el cuello de la raíz (DCR), demostró que el tratamiento S2 fue el de mejor resultado, mostrando que existen diferencia significativa con relación los tratamientos S1 y S3 pero entre ellos no se determino diferencias significativas.

El menor diámetro se obtuvo en el tratamiento S3 sin diferencias significativas con S1, coincidiendo con los de de menor altura, fueron los que se cultivaron en los sustratos de menores valores de densidad y humedad higroscópica, donde la disponibilidad de agua es menor y las plantas tienen que reducir al máximo el exceso de transpiración por lo que disminuyen el área foliar viéndose afectada la fotosíntesis y la circulación de sustancias, reduciéndose la producción de masa seca, disminuyendo el DCR, al respecto Landis *et al.*, (2000) encontraron que las plantas sometidas a tensión hídrica fueron más pequeñas en diámetro y que tuvieron menor peso seco de la raíz y de la parte aérea en comparación con las plantas sin tensión hídrica.

Para Oliet, (2000) al respecto expresó que este atributo es el que pronostica con mayor precisión la supervivencia y el crecimiento postrasplante.

Tabla 4. Diámetro del cuello de la raíz (DCR) a los 70 días por tratamiento (mm).

Sustrato		
S1	S2	S3
2,70 b	3,75 a	2,40 b

S1 (S<sub>fr</sub> 70 % + AR 10 % + MO 20 %): S2 (S<sub>fr</sub> 60 % + AR 20 % + MO 20 %): S3 (S<sub>fr</sub> 50 % + AR 30 % + MO 20 %)

La superficie foliar está asociada con potenciales de crecimiento elevados a través de la actividad fotosintética de las plantas que regula tanto la supervivencia como el crecimiento postrasplante y evita la competencia con la vegetación espontánea que amenaza el porvenir

de la repoblación, también puede provocar excesos de transpiración que podrían desequilibrar el estado hídrico de las plantas provocando un estrés.

Los resultados obtenidos en el comportamiento del área foliar se muestra en la tabla 5, observándose que el tratamiento S2 fue el de mayor valor de área foliar, mostrando diferencia significativa con los tratamientos S1 y S3 siendo los de menor desarrollo foliar.

Tabla 5. Comportamiento del área foliar por tratamiento.

Sustrato		
S1	S2	S3
59,53 b	70,14 a	51,12 c

S1 (S<sub>fr</sub> 70 % + AR 10 % + MO 20 %): S2 (S<sub>fr</sub> 60 % + AR 20 % + MO 20 %): S3 (S<sub>fr</sub> 50 % + AR 30 % + MO 20 %)

Entre los tratamientos se observan diferencias para este atributo, lo que puede estar provocada por la influencia de los sustratos S1 y S3 sobre el área foliar, porque estos presentan altos porcentos de partículas mayor a 0.2 mm y cuando se realizaba el riego se observó que este sustrato perdía rápidamente la humedad induciendo a que las plantas cayeran en un estrés hídrico, reduciendo su área foliar, coincidiendo con lo enunciado por Oliet, (2001) que la reducción de agua disponible en el sustrato en la etapa de vivero induce a que las plantas presenten estrés hídrico moderado y reduce significativamente este atributo.

Como se observa en la tabla 6, el tratamiento que favoreció la producción de masa seca total fue S2 coincidiendo con el tratamiento donde las plantas alcanzan la mayor altura y mayor área foliar. En este tratamiento se obtuvo el mayor valor de masa seca en las diferentes partes de la planta, que oscilaron entre 0,749 g/planta mostrando diferencias significativas con los tratamientos S1 y S3, existió diferencia entre ellos, S3 fue el que manifestó el peor comportamiento en estos parámetros por consiguiente fue el de menor producción de masa seca (0.591 g / planta), esto puede estar asociado a que este sustrato es el de peores propiedades físicas y pierde con facilidad la humedad.

Tabla 6. Comportamiento del peso seco total de las plantas en g /planta.

Sustrato		
S1	S2	S3
0,678 b	0,749 a	0,591 c

S1 (S<sub>fr</sub> 70 % + AR 10 % + MO 20 %): S2 (S<sub>fr</sub> 60 % + AR 20 % + MO 20 %): S3 (S<sub>fr</sub> 50 % + AR 30 % + MO 20 %)

El comportamiento del peso total de la planta es similar al del peso seco de la parte aérea/parte radical coincidiendo con lo planteado por Cobas, (2001) demuestra que los mayores pesos producidos en *Tsuga heterophylla* se encontraron en los tratamientos donde el sustrato retenía mayor humedad frente a aquellos en donde los sustratos perdían más rápidamente la humedad inducían a que las plantas cayeran en un estrés hídrico de moderado a fuerte. Tabla 6.

Según Vázquez y Torres, (1986) la disminución del contenido hídrico en las plantas afecta la producción de masa seca porque para que se produzca la fijación de CO<sub>2</sub> es necesario que los estomas permanezcan abiertos y que los tejidos de las hojas estén turgentes, existiendo una relación directa entre el grado de apertura y el contenido hídrico, cuando disminuye ésta, la fijación de CO<sub>2</sub> disminuye y por causa de lo antes mencionado se ve afectada la producción de masa seca.

Cobas, (2001) plantea que se puede conseguir alterar la relación entre el peso seco de la parte aérea / parte radical al disminuir contenido de humedad haciendo que el peso seco de la parte aérea disminuya en 26 % y el de la parte radical aumente en 24 %. Esto ocurre como respuesta probablemente a un mecanismo de adaptación al estrés hídrico disminuyendo la relación parte aérea parte radical.

Bonilla, (2001) plantean que el área foliar está fuertemente asociada con la transpiración y con la actividad fotosintética, que son las que determinan la producción de masa seca. La acción que ejerce el sistema radical sobre el sustrato, consecuencia de la ocupación por parte de las raíces de un volumen considerable de huecos, pudiendo alcanzar o superar el 10 % del volumen total según la morfología radical de la especie, provoca una disminución en las disponibilidades de aire y agua, afectándose la disponibilidad de nutrientes para las plantas y su desarrollo radical (Villar, *et. al.* 2000).

El análisis estadístico realizado al porcentaje de raíces finas y gruesas Tabla 7, así como la prueba de medias, mostró que el porcentaje de raíces finas, expresa diferencias significativas entre los tratamientos estudiados. En la mayoría de estos el porcentaje de raíces finas y de raíces gruesas está en proporción adecuada.

Tabla 7. Porcentaje de raíces finas y gruesas

Sustrato			
% de raíces	S1	S2	S3
<b>Finas</b>	67,357 b	75,794 a	77,759 a
<b>gruesas</b>	32,642 a	24,058 b	22,240 b

S1 (S<sub>fr</sub> 70 % + AR 10 % + MO 20 %): S2 (S<sub>fr</sub> 60 % + AR 20 % + MO 20 %): S3 (S<sub>fr</sub> 50 % + AR 30 % + MO 20 %)

En este caso el tratamiento que mayor porcentaje de raíces finas desarrolló fue S3 teniendo la mejor arquitectura radical. Según Castillo, (2001) en las raíces finas (fibrosidad), es donde se concentra la actividad de extracción de agua y nutrientes al ser más activas y permeables frente a las gruesas, cuya misión se concentra fundamentalmente en el anclaje de las plantas.

El porcentaje de raíces finas favorece S3 porque presentan una menor disponibilidad de agua debido a que su porosidad fue del 75 % y tenía un 70,1 % de partículas mayores de 2 mm causando que perdiera la humedad más rápido, modificando al sistema racial que aumentara la superficie de absorción para poder abastecer parte área de las plantas. Lo anterior está fundamentado en que la planta cuando se desarrolla en un sustrato con abundante agua disminuye el desarrollo de las raíces finas pues no presenta limitante alguna para absorber agua del suelo, lo mismo puede suceder cuando las condiciones de humedad son muy adversas en el sustrato donde se inhiben el desarrollo de raíces gruesa (Villar *et. al.*, 2000).

Díaz, (2004) demostró que cuando los sustratos tiene baja capacidad de retención de agua, inducen que las plantas caigan en un estrés hídrico incrementa la capacidad de formación de nuevas raíces.

El tratamiento que mayor porcentaje de raíces gruesas presentó fue S1, con 32,64 % mostrando diferencia significativa S2 y S3, el de menor porcentaje con 22,24 %, el tratamiento S1 alcanzo el mayor porcentaje porque el contenido de humedad del sustrato fue elevado al respecto. La arquitectura radical se mostró de forma balanceada el porcentaje de raíces finas fue superior al porcentaje de raíces gruesas en todos los tratamientos estudiados. En las raíces finas es donde se encuentra la actividad de extracción de agua y nutrientes al ser más activas y permeables, frente a las gruesas, cuya misión se encuentra en el anclaje de las plantas fundamentalmente. Castillo, (2001)

En el análisis estadístico realizado a la variable parte aérea / parte radical tabla 8, mostró que el mejor comportamiento lo tuvo el tratamiento S2 no existiendo diferencia significativa con S3, pero sí de estos dos con el tratamientos S1, esto indica que las raíces son abundantes con respecto al área foliar y la planta tiene un alto potencial para evitar el estrés hídrico.

Tabla 8. Relación parte aérea / parte radical por tratamiento (g).

Sustrato		
S1	S2	S3
2,1555 a	1,4959 b	1,6758 b

S1 (S<sub>fr</sub> 70 % + AR 10 % + MO 20 %): S2 (S<sub>fr</sub> 60 % + AR 20 % + MO 20 %): S3 (S<sub>fr</sub> 50 % + AR 30 % + MO 20 %)

Antes de producirse el arraigo, donde la relaciones PA / PR menores favorecen que disminuya proporcionalmente la pérdida de agua por transpiración creando un mecanismo para evitar la sequía en la plantación.

El tratamiento S1, que fue el de peor comportamiento porque el sustrato tuvo un 60,05 % de partícula mayores de 2 mm proporcionado una menor porosidad, favoreciendo un mayor almacenamiento de agua en el sustrato, tiendo mejor disponibilidad para la planta, mostrando una parte aérea aproximadamente más de dos veces superior a la parte radical, produciéndose una menor relación aire / agua y una menor capacidad para superar el momento crítico del arraigo, lo que corrobora lo planteado por Cobas, (2001) de que a menor valor de la parte aérea / parte radical más favorecida está la absorción de agua frente a las pérdidas, lo cual es una condición favorable para zonas secas.

Además Oliet, (2001) recomienda valores entre 1,5 y 2 para esta relación, indicando esta una mayor capacidad para soportar el momento crítico del arraigo. Según Thompson, (1985) citado por Oliet, (2001) expresa que la esbeltez permite una estimación de la resistencia mecánica de las plantas durante las operaciones de plantación o frente a vientos fuertes, especialmente en plantas producidas en contenedores. Es un indicador de la densidad del cultivo, según Birchier *et. al.*, (1998).

Como se observa en la tabla 9, la menor relación entre la altura y el diámetro se encuentra en el tratamiento S3 con una relación de 7,81: 1 b muestra diferencia significativa con los tratamientos S1 y S3, este comportamiento esta dado que las plantas alcanzaron la menor altura y diámetro del cuello de la raíz, pues fueron las que menor disponibilidad de agua tuvieron en el sustrato. La *Acacia mangium Will* es una especie de crecimiento rápido por ello la esbeltez presenta relaciones altas según (Díaz, 2004).

Tabla 9. Comportamiento de la esbeltez por tratamiento

Sustrato		
S1	S2	S3
10,0: 1 a	9,42: 1 a	7,81: 1 b

S1 (S<sub>fr</sub> 70 % + AR 10 % + MO 20 %): S2 (S<sub>fr</sub> 60 % + AR 20 % + MO 20 %): S3 (S<sub>fr</sub> 50 % + AR 30 % + MO 20 %)

Los tratamientos donde se obtuvieron mayor esbeltez fueron S1 y S2, uno de los factores que influye sobre la esbeltez en el vivero, fue el sustrato que siempre mantuvo buena humedad, lo que permitió que no se detuviera el crecimiento de la altura y el diámetro del cuello de la raíz,

manteniendo valores más altos de esbeltez, por lo contraria la mejor relación se obtuvo en S3 debido a las características físicas del sustrato que indujo a las plantas en estrés hídrico por la baja retención de agua reduciendo el crecimiento en altura modificando los valores de esbeltez, comprobaron que la inducción de un estrés hídrico detenía el crecimiento en altura, mientras que el diámetro del cuello de la raíz continuaba creciendo, debido probablemente al crecimiento radical.

El análisis estadístico realizado muestra que los tratamientos de mejores comportamientos fueron S2 mostrando diferencia significativa con relación los tratamientos S1 y S3 pero entre ellos no se observan diferencias significativas en la tabla 10, los índices de Dickson que reflejan mayores valores se corresponden con los tratamientos de mejores resultados en los atributos morfológicos evaluados corroborando lo planteado por, Dickson *et al.* (1960) considerando que cuanto más alto es el valor de su índice (QI) mejor es la calidad de la planta cultivada.

Tabla 10. El comportamiento del índice de calidad de Dickson

Sustrato		
S1	S2	S3
0,76 b	0,84 a	0,69 b

S1 (S<sub>fr</sub> 70 % + AR 10 % + MO 20 %): S2 (S<sub>fr</sub> 60 % + AR 20 % + MO 20 %): S3 (S<sub>fr</sub> 50 % + AR 30 % + MO 20 %)

El menor índice se obtiene en S3 el cual fue cultivado en un sustrato de mayor porosidad y un 70,1 % de partículas mayores de 2 mm, el de más bajo porcentaje de humedad higroscópica, causado la pérdida de la humedad con mayor rapidez, sometido a las plantas a cierto nivel de estrés hídrico lo cual se refleja en que fue de menor altura, diámetro y peso seco expresando la baja potencialidad de la planta tanto de sobrevivir como de crecer en la plantación. Oliet, (1995) en *Pinus halapensis* obtuvo valores de QI entre 0,3 y 0,5 según el tratamiento de fertilización aplicado. Cobas, (2001) en *Hibiscus elatus* logró índice de hasta 0,10. Castillo, (2001) obtiene valores entre 0,09 y 0,3 empleando el sustrato con materiales orgánicos similares y aplicando dos riegos diarios sin fertilización

Tabla 11. Comportamiento de la supervivencia por tratamientos en la plantación en los diferentes tipos de suelo al 1 año de vida.

Tratamiento	Ferralítico amarillentos Típico	Esqueléticos	Ferralítico pardo rojiza Típico
S1R1	92 b	89 b	90 b
S2R1	98 a	95 a	96 a
S3R1	86 c	85 c	85 c

<b>% supervivencia total</b>	92,0	89,7	92,0
S1 (S <sub>fr</sub> 70 % + AR 10 % + MO 20 %): S2 (S <sub>fr</sub> 60 % + AR 20 % + MO 20 %): S3 (S <sub>fr</sub> 50 % + AR 30 % + MO 20 %)			

Las plantaciones se realizaron en el área de manejo La Yaba en el mes julio del 2015 se planto en tres diferentes suelos, la preparación del sitio fue manual, el primer conteo de supervivencia se realizo a los 6 meses y al año de la plantación de *Acacia mangium Willd* y el mismo, arrojaron los siguientes resultados. Tabla 11.

El mayor porcentaje de supervivencia en los tres tipos de suelo, corresponden al tratamiento S2R1 en el cual las plantas en etapa de vivero mostraron un mejor comportamiento en los parámetros morfológicos que se muestra en la tabla 18, lo que apoyado por los criterios de Thompson, (1985) citado por Oliet, (2001) indicando la capacidad de predecir las supervivencia y el crecimiento en plantación de los atributos en índices parámetros morfológicos determinando las calidad del material plantable.

Aunque existe diferencias significativa entre los porciento de supervivencia todas son buenos porque está como promedio en un 91,2 % quedando por encima del 85 % que es el mínimo establecido por el servicio estatal forestal para que un área tenga un 100 % de logros, este porcentaje de supervivencia se considera elevado ya que cuando se efectuó la plantación se produjo un periodo prologando de sequía en el municipio, que se extendió durante 50 días con un acumulado de 25,5 mm durante todo este periodo, influyendo negativamente en los valores de supervivencia y a pesar de estas condiciones tan adversas del clima, los resultados se consideran muy buenos en comparación con los de otros municipios que manejan la especie.

Los resultados del análisis estadístico realizado a la evaluación de los parámetros morfológicos altura y diámetro al año de plantación en los tres tipos de suelos como se muestran en la tabla 12. Denotan diferencias significativas, el tratamiento S2 fue el que mostró mejor desarrollo, coincidiendo que fue el de mejores resultados en la etapa de vivero, hay diferencia significativa de este con S1 y S3, reafirmando que la capacidad de desarrollo y crecimiento se determina en la etapa de vivero.

Como se pudo observar el desarrollo de las plantas en los diferentes suelos, mostró un buen comportamiento de los parámetros morfológicos diámetro y altura en plantación. Los resultados obtenidos en la investigación se tuvieron en cuenta una serie de beneficios económicos. Con el empleo del nuevo método, se reduce en 15 días la producción de plantas con respecto al tiempo de estancia de las plantas actualmente en el vivero, lo que equivale un ahorro en gasto de salario de 1 560,20 pesos y combustible de 200,00 pesos.

Tabla 12. Comportamiento de altura (cm) y diámetro (mm) de los tratamientos a un año en plantación.

	Ferralítico amarillentos Típico			Esqueléticos			Fersialítico pardo rojizo Típico		
	S1R1	S2R1	S3R1	S1R1	S2R1	S3R1	S1R1	S2R1	S3R1
<b>Diámetro (mm)</b>	57,6 h	63,5 bc	62,4 d	58,6 f	64,0 ab	56,3 i	63,5 c	64,2 a	61,2 e
<b>Altura (cm)</b>	184,7 b	188,1ab	183,2 b	86,9 c	165,1 b	80,7 c	207,6 a	209,4 a	206,2 a

S1 (S<sub>fr</sub> 70 % + AR 10 % + MO 20 %): S2 (S<sub>fr</sub> 60 % + AR 20 % + MO 20 %): S3 (S<sub>fr</sub> 50 % + AR 30 % + MO 20 %)

También se produce un ahorro que fluctúa entre un 10 al 20 % de crédito de los proyectos de reforestación, que es el utilizado para la actividad de reposición de falla en las plantaciones que tienen una supervivencia por debajo de un 85 % que es la mínima establecida para que las mismas puedan ser certificadas y establecer un bosque de calidad. Tabla 13.

Tabla 13. Comparación de económica de los métodos empleados en las diferentes campañas de viveros.

	Año	Postura sembrada	Postura muertas	Plantas lograda	Costo de las postura	Perdida en pesos
	2013	30 000,0	26.000,0	4 000,0	1,00	26 000,0
<b>Nuevo método</b>	2014	55 000,0	2 000,0	53 000,0	1,00	2 000,0
	2015	150 000,0	—	150 000,0	1,00	0,0

En la Tabla 14 se muestra una comparación entre resultados económicos obtenidos entre las plantaciones cultivadas con posturas obtenidas por el método planteado y el método tradicional. También se tuvieron en cuenta los costos de producción de los sustratos dándole así a la UEB opciones de escoger el mejor, el más económico y fácil de realizar, con esta método se evita la pérdida de miles de postura y el empleo de fungicidas de última generación para evitar el ataque del hongo Damping off, causante de la pudrición del cuello de la raíz y la muerte de las plántulas, en la tabla 13 se muestra una comparación entre las etapas de vivero 2013 y 2014 con la aplicación del nuevo método empleado en la producción de plántulas.

Tabla 14. Resultado económicos obtenidos en las plantaciones certificadas.

Especies a plantar	Costo tecnol total	Interés	Total	% de Bonif	Bonificación Pesos	Total
<i>Acacia mangium</i> Will	64 329,65	9 547,88	73 877,53	28	18 012,30	91 889,83

## CONCLUSIONES

1. La densidad de 200 bolsos m<sup>2</sup> es la recomendada para evitar los ataques del Damping off en la etapa de vivero en esta especie.
2. Las plántulas cultivadas en el sustrato S2 fueron las que mejor comportamiento mostraron en los parámetros evaluados y en la supervivencia en campo.
3. Las plántulas obtenidas por este método se pueden utilizar para la reforestación de estos tipos de suelos que son los más abundantes en la unidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barnett, J. P. (1984). Relating seedling physiology to survival and growth in container-grown southern pines en: Duryea M. L, Brow, G.N. (Eds): Seedling physiology and reforestation success. Nijhoff/Junk Pub, pp. 157-178.
- Bonilla, M. (2001). Evaluación del comportamiento de *Pinus tropicallis* Morelet en la fase de vivero con tubotes: Pinar del Río. Tesis (en opción al grado científico de Doctora en ciencias Forestales). Universidad de Pinar del Río, Cuba.
- Caldeira, M. V. W; Schumacher, M. V., y Tedesco, N. (2000). Crescimento de mudas de *Acacia mearnsii* em função de diferentes doses de vermicomposto. *Scientia Florestalis, Piracicaba*. 57: 161-170.
- Castillo, M. I. Efecto del sustrato en el cultivo de la especie *Eucalyptus grandis* en vivero utilizado tubotes plástico en la EFI. Guanahabibes. Pinar del Río. Tesis en opción al título académico de máster en ciencias Forestal. Universidad de Pinar del Río, p. 84, 2001.
- Coba, L. M. (2001). Características de los atributos de la calidad de la plantas de *Hibiscus elatus*. S.W cultivada en tubete. Tesis en opción al grado científico de doctora en ciencias forestales. Universidad de Pinar del Río, Cuba.
- Dickson, A., Leaf, I., AL, E.H. (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedlings stock in nurseries. *Forest Chronicle* 36: 10-13.
- Lavado, R. (2000). Aguas y sustratos para la producción ornamental. Origen, propiedades, manejo, influencia sobre los cultivos y determinaciones. Buenos Aires, Argentina.
- ONU. Roma, (2018). El estado de los bosques del mundo. Las vías forestales hacia. El desarrollo sostenible. Disponible en Internet: <http://www.fao.org/3/I9535ES/i9535es.pdf>
- Oliet, J. A. (2001). Aplicaciones de la medias del estado hídrico en el viveros. Universidad de Córdoba. España.

Oliet, J. A. (1995). Influencia de la fertilización en vivero sobre. Editorial escuela de la planta y la supervivencia en campo de varias especies forestales. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba, España.

Pérez, L. M., y Vargas, C. N. (1995). Estudio sobre la utilización de diferentes sustratos orgánicos en vivero para Vitro- plantas de plátano. Trabajo de diploma. Universidad de Pinar del Río, Cuba.

Villar, S. P., Ocaña, B. L. J., L., Peñuela, R., Carrasco M, I., Domínguez, L., Susana, S., Renilla, E. I. (2000). Relaciones hídricas y potencial de formación de raíces en plántula de pinus *Elepensis* Mill. Sometidas a diferentes niveles de endurecimientos por estrés hídricos. Disponible en Internet: <http://www.mma.es/conservnat/acciones/meora>