

**ARTÍCULO CIENTÍFICO**

---

**Análisis comparativo de la producción de minijardines clonales hidropónicos y jardines clonales en tierra de melina (*Gmelina arborea* Roxb.)**

Pablo Chacón<sup>1</sup>  
Olman Murillo<sup>2</sup>

**Resumen**

Se investigó la producción de dos sistemas de jardines clonales de melina de la Corporación Coopeagri R.L. en Pérez Zeledón, San José, Costa Rica. Se comparó el sistema de jardín clonal establecido en tierra, versus el minijardín clonal desarrollado en un sistema hidropónico. La producción quincenal cosechada de ambos sistemas fue comparada en términos de la cantidad de brotes y estaquillas obtenida por rameto, así como por la tasa y velocidad de enraizamiento. El minijardín clonal hidropónico permite establecer 71,5 plantas/m<sup>2</sup>, que supera en más de un 1000% al jardín clonal en tierra con solamente 6,25 plantas/m<sup>2</sup>. Ambas modalidades de jardín clonal registraron similar tasa de enraizamiento (>80%), pero el minijardín clonal la alcanzó 1 semana antes. El jardín clonal en tierra produjo 9,88 brotes/rameto/quincena, que supera ampliamente a los 3,27 brotes/rameto/quincena del minijardín clonal, explicado por la diferencia en edad y desarrollo de ambas modalidades de producción. La tasa de mortalidad de estaquillas fue ligeramente mayor con el material procedente del minijardín clonal (>4%), debido principalmente al material de menor tamaño, mayor succulencia y mayor susceptibilidad a irregularidades en el sistema de riego en los túneles de enraizamiento. Se concluye que la modalidad de minijardín clonal hidropónico de melina, es una excelente opción para organizaciones que presentan problemas de espacio y calidad de suelos. Para la reforestación clonal a escala comercial, se recomienda utilizar el sistema de minijardines clonales hidropónicos, ya que genera un número mayor de cosechas al año, es independiente de la estación climática y permite una mejor programación de la producción durante todo el año.

**Palabras clave:** Reforestación clonal, *Gmelina arborea*, Melina, Jardines clonales, Propagación vegetativa, Sistemas hidropónicos, Costa Rica.

**Abstract**

Two clonal garden production systems for melina (*Gmelina arborea*) in Corporación Coopeagri, R.L., Pérez Zeledón, San José, Costa Rica, were investigated. It was compared the production system of a clonal garden established in the ground versus a new hydroponic miniclinal garden. Bi-weekly production from both systems was compared in terms of amount of sprouts and number of effective cuttings per ramet, as well as the

---

<sup>1</sup> Reforestadora Expomaderas. [pchaconc@expomaderas.com](mailto:pchaconc@expomaderas.com)

<sup>2</sup> Instituto Tecnológico de Costa Rica. [olmuga@yahoo.es](mailto:olmuga@yahoo.es)

rate and speed of rooting. The miniclonal garden allows establishing 71,5 plants/m<sup>2</sup>, which represents more than 1000% in relation to the 6,25 plants/m<sup>2</sup> in the other modality of clonal garden. Cuttings produced from both systems registered similar rooting rates (>80%), but 1 week earlier for those coming from the miniclonal garden. The clonal garden in ground registered a production of 9,88 sprouts/ramet/15 days, which overcomes the production capacity of the hydroponic miniclonal garden with 3,27 sprouts/ramet/15 days. This is explained by the age and development differences between both systems. Mortality rate was slightly greater in cuttings produced by miniclonal garden (>4%), due to a smaller size and greater susceptibility to mistakes in the irrigation program or fungal attack in the rooting tunnels environment. It is concluded that the miniclonal garden system in melina is an excellent option, specially for those organizations with space or soil quality limitations. For clonal forestry operative production, it is recommended the utilization of hydroponic miniclonal gardens, due to its greater production capacity, its independence of the season or climate effects, all-year production possibility and a better annual programming possibility.

**Key words:** Clonal forestry, *Gmelina arborea*, Melina, Vegetative propagation, Hydroponic systems, Clonal gardens, Costa Rica.

## INTRODUCCIÓN

La producción forestal a escala comercial en vivero es uno de los aspectos de mayor importancia en un programa de reforestación. El sector forestal costarricense continúa su evolución e inserción hacia sistemas de mayor competitividad a nivel internacional. Hoy día se busca mayor eficiencia, producción, calidad, en el menor tiempo posible y al menor costo (Murillo, 2005).

Conforme la ciencia y la tecnología avanza en el sector forestal, se ha ido desarrollando una serie de nuevos modelos y sistemas para la producción de material de plantación a escala comercial (Murillo *et al.*, 2003). Uno de estos sistemas es el minijardín clonal desarrollado como un cultivo hidropónico, es decir, en un sustrato inerte en ausencia de suelo.

En la actualidad, el sistema de minijardines clonales es desarrollado en Costa Rica por Genética Forestal (GENFORES) como una alternativa para mejorar la producción, disminuir tiempos de enraizamiento, tener mejores respuestas a problemas fitosanitarios y mantener una producción de plántulas durante todo el año a pesar de condiciones desfavorables del tiempo. La utilización de sistemas hidropónicos para la producción de material vegetativo forestal ha alcanzado ya la escala comercial en el país con la especie teca (*Tectona grandis* L.f.). Las primeras investigaciones en este campo se realizaron en los viveros del Instituto Tecnológico de Costa Rica en San Carlos, Alajuela, donde se trabajó con un sistema hidropónico cerrado, basado en canoas plásticas de largos de 6 u 8 m, con sustratos de grava o carbón vegetal (Murillo *et al.*, 2003). El sistema se alimenta de manera continua con una solución completa de elementos mayores y menores diluidos en agua y almacenados en estañones enterrados a ras de suelo. La solución se bombea a través de las canoas y se recupera por gravedad de nuevo al sitio de almacenamiento (Murillo, 2005). El sistema hidropónico evolucionó luego hacia uno mucho más simple, establecido en el suelo y utilizando sustratos de arena y grava. En la actualidad, todas las organizaciones miembros de GENFORES cuentan ya con el sistema de minijardines clonales, que continúa siendo mejorado a través de la vinculación existente entre la academia, Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) y el sector productivo asociado a GENFORES.

La Corporación Coopeagri R.L., como miembro activo de GENFORES desde hace más de tres años, realiza un programa de mejoramiento genético forestal que pretende servir de impulso al desarrollo forestal de la zona sur del país (Chacón, 2005). Las principales dificultades tradicionales que afronta el sector forestal del país son: la ausencia de material seleccionado o mejorado y las limitaciones de producción a escala comercial durante el tiempo oportuno del año, es decir, los 3 ó 4 meses antes del inicio del período lluvioso. Coopeagri R.L. ha logrado conjuntar un jardín clonal comercial de melina (*Gmelina arborea* Roxb.) con 29 clones de alto rendimiento y calidad en su finca experimental en Peñas Blancas de Pérez Zeledón (Figura 1). Recientemente estableció el primer minijardín clonal hidropónico de melina en el país a nivel experimental, sistema que permitirá la producción durante cualquier

momento del año, pero que requiere aún de validación con esta especie.



**Figura 1.** Jardín clonal de melina de 12 meses. Coopeagri R.L., Pérez Zeledón, San José, Costa Rica.

El presente estudio realiza entonces una comparación entre dos modalidades de jardín clonal (establecidos en tierra y en sistema hidropónico), en función de la tasa de producción, de la tasa de enraizamiento de estaquillas, del tiempo de producción y de la calidad y uniformidad del material obtenido para plantación.

**METODOLOGÍA**

El estudio se llevó a cabo durante los meses de febrero a mayo del 2005 en el vivero forestal de la Corporación Coopeagri R.L., ubicado en la finca La Presa, en Peñas Blancas de General Viejo, Pérez Zeledón, Costa Rica. La temperatura media del lugar oscila entre los 24 y 36°C, la precipitación promedio es de 3800 mm por año y está situado a una altitud de 645 m.

Para la realización del estudio se tomaron datos de tres clones de melina, establecidos en las dos modalidades de jardines clonales (en tierra y el hidropónico). El jardín clonal establecido en tierra tiene una edad de 12 meses de plantado y se encuentra en plena producción (Figuras 2 y 3). El minijardín clonal hidropónico fue establecido en marzo del 2005, en un sustrato compuesto en un 100% de carbón vegetal y tenía poco más de 2 meses de plantado cuando se realizó la presente investigación. Se utilizaron los clones 5, 15 y 20, el 5 y 15 con 33 rametos y el 20 con 25 rametos. Ambos jardines clonales fueron fertilizados periódicamente con el fin de mantener el vigor y el nivel nutritivo de las plantas.



**Figura 2.** Rameto de melina de 3 meses de edad, sembrado en carbón vegetal, como parte del minijardín clonal hidropónico. Coopeagri R.L., Pérez Zeledón, San José, Costa Rica.



**Figura 3:** Rametos de melina sembrados en carbón vegetal a un distanciamiento de 11 X 11 cm, como parte del minijardín clonal hidropónico. Coopeagri R.L., Pérez Zeledón, San José, Costa Rica.

Del jardín clonal establecido en tierra, se utilizaron los mismos tres clones presentes en el minijardín clonal, con el fin de reducir un posible efecto genotípico (clon) en los resultados a obtener.

El estudio realizó cosechas cada 15 días para ambos tipos de jardín. En cada cosecha se colectó todos los brotes completos presentes en cada rameto, para luego obtener con tijera las estaquillas posibles, siempre y cuando tuvieran preferiblemente un solo nudo y una longitud de unos 5 cm. Se les eliminó el área foliar hasta dejar una sola hoja con una superficie aproximada de entre un 1/5 a un 1/6. Las estaquillas se mantuvieron en agua durante todo el proceso de preparación previo a la siembra en las bandejas de arena, dentro de los minitúneles. La estaquilla, antes de ser sembrada, se impregnó en la base con el AIB ya preparado comercialmente, en su presentación en polvo a una concentración de 1500 ppm. Todo el material fue apropiadamente identificado, clon por clon, y se obtuvo finalmente su tasa y duración en enraizamiento. La tasa de enraizamiento se estimó de la relación entre el número de brotes totales con relación al número de brotes que efectivamente lograron enraizar.

Previo a su análisis, los datos porcentuales fueron transformados para lograr su normalidad y cumplimiento de los principios de la regresión paramétrica:

$$\text{Dato transformado} = \text{arcoseno } \sqrt[2]{\% \text{ enraizamiento}}$$

Los datos fueron procesados utilizando los programas EXCEL y SAS. Se corrió un análisis de varianza para determinar la existencia de diferencias significativas entre las variables analizadas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se aprecia en el Cuadro 1, el sistema de minijardines clonales posee una gran cantidad de ventajas en relación con el sistema en tierra. Debido al menor distanciamiento empleado en los sistemas hidropónicos, el área requerida será menor y por tanto, el número de plantas sembradas

por metro cuadrado aumenta en poco más de un 1000%. Con base en este criterio, el minijardín clonal en sistema hidropónico es una buena alternativa para organizaciones que tengan carencia de espacio.

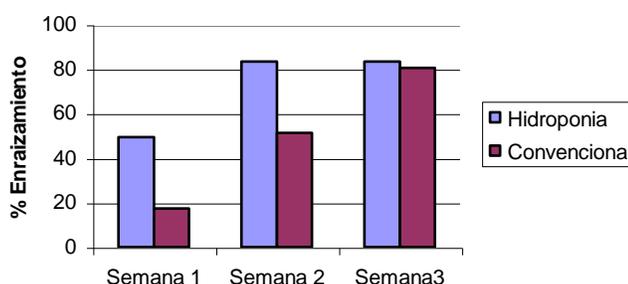
**Cuadro 1.** Comparación entre minijardines clonales hidropónicos y jardines clonales en tierra de melina. Coopeagri R.L., Pérez Zeledón, San José, Costa Rica.

| Criterio evaluado                              | Jardín clonal en tierra | Minijardín clonal hidropónico en carbón vegetal |
|--|-------------------------|---|
| Distanciamiento entre rametos (cm)             | 40 x 40                 | 12 x 12   |
| Área por rameto (m <sup>2</sup> )              | 0,16                    | 0,014   |
| Número de plantas sembradas por m <sup>2</sup> | 6,25                    | 71,5  |
| Número de brotes cosechados por rameto/15 días | 9,88                    | 3,27  |

Debe también observarse, que los sistemas hidropónicos eliminan el problema del tipo de suelo disponible en la organización o de los cambios drásticos en el clima. El efecto de la estación seca o de una excesiva precipitación, son también aspectos prácticamente inexistentes en los sistemas de minijardines clonales hidropónicos, por encontrarse establecidos dentro de condiciones de invernadero.

En el caso del número de brotes cosechados por rameto, se obtuvieron diferencias altamente significativas entre los dos sistemas ( $P < 0.001$ ; ANDEVA), con una amplia superioridad del jardín clonal en tierra. Sin embargo, dadas las diferencias en edad de ambas modalidades de jardines clonales, es natural que el jardín clonal más viejo y con mayor desarrollo supere al jardín joven que recién inicia su producción. Este criterio por tanto, no discierne para este estudio, sin embargo si permite registrar la capacidad inicial del sistema de minijardín clonal hidropónico, dato que podrá ser a futuro revisado y comparado.

En cuanto al comportamiento del enraizamiento, el sistema de minijardín clonal hidropónico fue mucho más rápido, aunque los valores fueron prácticamente los mismos para ambos sistemas al final de la tercera semana (Figura 4). Al cabo de dos semanas, ya el minijardín clonal hidropónico había alcanzado su tasa de enraizamiento (>80%), una semana antes que las estaquillas procedentes del jardín clonal en tierra.



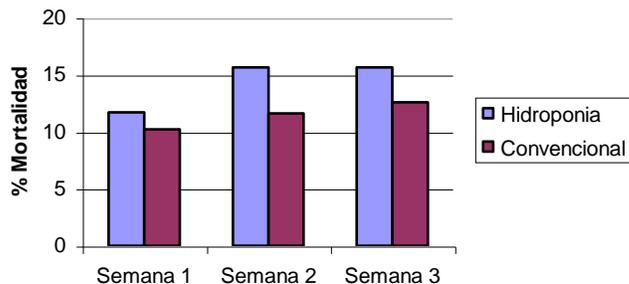
**Figura 4.** Enraizamiento de estaquillas de melina procedentes de dos modalidades de jardín clonal (convencional e hidroponía). Coopeagri R.L., Pérez Zeledón, San José, Costa Rica.

Se obtuvieron diferencias altamente significativas en cuanto al porcentaje de enraizamiento para las dos primeras semanas ( $P < 0.001$ ; ANDEVA). Esta superioridad desaparece en la semana tres, como se esperaba, donde no hubo diferencias significativas entre ambos tipos de jardín ( $P < 0.3493$ ; ANDEVA).

Mayor velocidad de enraizamiento tiene relevancia cuando se trabaja a escala comercial y con una alta planificación de la producción. Si se utiliza este tipo de jardín clonal, es posible obtener 24

cosechas al año; mientras que en el sistema de jardín clonal en tierra se lograría un máximo de 16 cosechas anuales.

El porcentaje de mortalidad de las estaquillas no registró diferencias significativas en la primera semana de enraizamiento en los minitúneles (Figura 5). En la segunda y tercera semana, el sistema hidropónico sí registró un aumento mayor en la mortalidad, que permitió que se obtuvieran diferencias levemente significativas con respecto a la mortalidad de las estaquillas procedentes del jardín clonal en tierra (Cuadro 2). Los brotes y estaquillas obtenidas del minijardín clonal hidropónico fueron por lo general más pequeños y succulentos que los producidos en el jardín clonal en tierra. Esto pudo haber causado algún nivel de susceptibilidad mayor a la pudrición o al efecto negativo que pudo ocasionar la irregularidad en el sistema de riego prevaleciente dentro de los túneles de enraizamiento. Sin embargo, la diferencia en mortalidad entre ambos sistemas de producción es relativamente pequeña (<4%) y es ampliamente compensada por la superioridad del minijardín clonal en su velocidad de enraizamiento y capacidad de producción.



**Figura 5.** Mortalidad de estaquillas de melina procedentes de dos modalidades de jardín clonal (convencional e hidroponía). Coopeagri R.L., Pérez Zeledón, San José, Costa Rica.

Se puede apreciar en la Figura 5 que el principal incremento en la mortalidad ocurre en la primera semana. En la segunda semana el porcentaje de mortalidad aumenta, pero el incremento es menor y se estabiliza en la tercera semana. Por lo tanto, es importante refinar aspectos del riego y cuidados fitosanitarios de los túneles de enraizamiento durante las dos primeras semanas, ya que es aquí en donde ocurre en mayor medida la mortalidad de las estaquillas.

**Cuadro 2.** Análisis de varianza para el porcentaje de mortalidad (transformado) de estaquillas de melina, durante las primeras tres semanas de enraizamiento, con material procedente de dos modalidades de jardín clonal (convencional e hidroponía). Coopeagri R.L., Pérez Zeledón, San José, Costa Rica.

| Semana | Cuadrado Medio del Error | Valor de F | Probabilidad (1-∞) |
|--------|--------------------------|------------|--------------------|
| 1      | 64,794                   | 2,25       | 0,159              |
| 2      | 150,780                  | 6,71       | 0,023              |
| 3      | 151,810                  | 6,80       | 0,025              |

**Nota:** un grado de libertad para cada una de las semanas

## CONCLUSIONES

Se concluye que la modalidad de minijardín clonal hidropónico de melina es una excelente opción para organizaciones que presentan problemas de espacio y calidad de suelos.

La edad del jardín clonal influye en el número de brotes cosechados por rameto, cuya tasa de producción se incrementa conforme aumenta en edad.

El jardín clonal hidropónico presenta un menor tiempo de enraizamiento en comparación con el jardín clonal convencional en tierra, ventaja de gran importancia para la programación de la producción a escala comercial.

Para la reforestación clonal a escala comercial, se recomienda utilizar el sistema de minijardines clonales hidropónicos, ya que genera un número mayor de cosechas al año, es independiente de la estación climática y permite una mejor programación de la producción durante todo el año.

La mortalidad, por lo general, se produce principalmente durante las dos primeras semanas de enraizamiento.

Conforme aumentan las lluvias aumenta la producción de brotes en el jardín clonal en tierra y disminuyen las condiciones de estrés.

## **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece a la Corporación Coopeagri R.L. por el apoyo técnico y económico brindado durante la realización de la presente investigación. Asimismo a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica por el apoyo parcial al financiamiento de la investigación.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Chacón, P. 2005. Desarrollo del programa de mejoramiento genético forestal de Coopeagri R.L., San Isidro del General, Costa Rica. Práctica de especialidad. Cartago, CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 105 p.
- Murillo, O, Rojas, J; Badilla Y. 2003. Reforestación Clonal. 2ª ed. Cartago, CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 36 p.
- Murillo, O. 2005. Hacia el cultivo de madera. El Tatascán (Honduras). En prensa.