



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DEL NORDESTE



*UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS*

Trabajo Final de Graduación
Modalidad: Tesina

Título: PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE TRES
TAXONES DE *Corymbia* SPP. (EUCALIPTOS
AMARILLOS) A PARTIR DE BROTES JUVENILES

Alumno: Over Eduardo BALBÍN MARTICORENA

Asesor: Ing. Agr. (MSc.) Carlos VERA BRAVO

Facultad de Ciencias Agrarias - UNNE

2022

A todos los miembros de mi familia
y amigos.
Dedico

RECONOCIMIENTO.

Agradezco a mis tíos por haberme forjado como la persona que soy. A la madre de mis hijos Roxana, a mi hija Leslie, a mis hijos Vladimir, Luis Ignacio, Francisco Faustino e Isabella por haberme dado la fortaleza y acompañamiento durante todo el proceso de mi carrera universitaria.

A mi tío Cirilo, que ya no está, a mi tío Pablo, ellos ocuparon el lugar de mi padre, a mi madre Manuela que tampoco está.

A Glenda que sin su presencia y acompañamiento no hubiera tenido la fuerza necesaria para terminar este trabajo.

A mi amigo y asesor Carlos D.V.B. que me acompaña durante gran parte de mi existencia.

A todos los que me ayudaron directa o indirectamente y de alguna manera en la etapa de mi graduación.

¡Gracias a todos!

Contenido

RECONOCIMIENTO.....	3
Contenido.....	4
RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	8
OBJETIVOS	9
General.....	9
Específicos	9
MARCO REFERENCIAL	9
Importancia de los taxones en Argentina	9
Marco teórico	10
Fisiología de enraizamiento de especies leñosas	10
Referencia de la distribución natural y botánica del género <i>Corymbia</i>	11
MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
Material Vegetal	13
Diseño experimental:	13
Condiciones de enraizamiento:	15
Sustrato:	15
Análisis estadístico:	16
Estructura para la propagación.....	17
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
CONCLUSIONES.....	22
REFERENCIAS.	23

Índice de figuras

Figura 1. Áreas en negro indican la distribución natural de <i>Corymbia citriodora</i> subsp. <i>citriodora</i> en la costa este de Australia.....	11
Figura 2. Ejemplares de <i>Corymbia citriodora</i> subsp. <i>citriodora</i> en el ingreso a la Estación Experimental del INTA Bella Vista, Corrientes. Argentina.	11
Figura 3: Área de distribución natural de <i>Corymbia torelliana</i> , nordeste de Queensland, Australia.	12
Figura 4. Árbol identificado de <i>Corymbia torelliana</i> en una plantación instalada en 1959 rodeado de regeneración natural, en el departamento Goya, Corrientes - Argentina	12
Figura 5. Plantas madres de <i>Corymbia citriodora</i> subsp. <i>variegata</i> (A), <i>Corymbia citriodora</i> subsp. <i>citriodora</i> (B) y <i>Corymbia torelliana</i> (C) respectivamente	13
Figura 6. Brotes epicórmicos (del tallo, líneas negras continuas) y de los lignotubérculos (flechas, líneas blancas punteadas) en <i>Corymbia citriodora</i> subsp. <i>variegata</i>	14
Figura 7. Lignotubérculos con brotes para ser enraizados de <i>Corymbia citriodora</i> subsp. <i>citriodora</i> (A) y <i>Corymbia citriodora</i> subsp. <i>variegata</i> (B) respectivamente	14
Figura 8. Marca comercial del sustrato utilizado en el proceso de enraizamiento, en A cara frontal de envase del sustrato y en B, cara posterior del envase.....	15
Figura 9. Estacas de <i>Corymbia citriodora</i> subsp. <i>citriodora</i> (A y B) y <i>Corymbia torelliana</i> (C y D), antes y después de insertadas en el sustrato para el enraizamiento.....	16
Figura 10. Bandejas con los brotes a ser enraizado y nebulizadores (foggers) en la estructura de enraizamiento.....	17
Figura 11. Medias de porcentajes de enraizamiento de las estacas de los cinco tratamientos de los tres taxones de <i>Corymbia</i> estudiados (<i>Corymbia citriodora</i> subsp. <i>citriodora</i> – CCC, <i>Corymbia citriodora</i> subsp. <i>variegata</i> - CCV, y <i>Corymbia torelliana</i> - CT) a los 90 días del inicio del proceso de enraizamiento. Las barras corresponden a los desvíos estándares. Los resultados indican el promedio de 4 repeticiones (n= 280 para CT Tallo; n=164 para CCC Lignotubérculo; n=311 para CCV Lignotubérculo; n=280 para CCV Tallo y n=280 para CCC Tallo).	19
Figura 12. Plantines enraizados de <i>Corymbia citriodora</i> subsp. <i>citriodora</i> , las estacas provienen de los tallos (foto de la izquierda) y de los lignotubérculos (foto de la derecha).....	20
Figura 13. Plantines enraizados de <i>Corymbia citriodora</i> subsp. <i>variegata</i> , las estacas provienen de los tallos (foto de la izquierda) y lignotubérculos (foto de la derecha).....	20
Figura 14. Plantines enraizados de <i>Corymbia torelliana</i> , cuyas estacas provienen de los tallos.	20
Figura 15. A) Plantines con raíces seminales (izquierda) y adventicia (derecha) de <i>Corymbia torelliana</i> . B) Raíces adventicias de <i>Corymbia citriodora</i> subsp. <i>variegata</i> y en C) estaca de <i>Corymbia citriodora</i> subsp. <i>citriodora</i> con un callo en la base donde no se diferenciaron raíces.	21

Índice de tablas

Tabla 1 Esquema del análisis de la varianza.....	18
Tabla 2.....	18
Porcentaje de Enraizamientos de Estacas.....	18

RESUMEN

Este trabajo aporta información sobre la propagación vegetativa de *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora* (CCC), *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* (CCV) y *Corymbia torelliana* (CT), taxones cuya madera posee un alto potencial de uso y producción en el nordeste argentino. El objetivo de este trabajo fue determinar la capacidad de enraizamiento de los tres taxones. Para ello, se evaluó el porcentaje de enraizamiento de brotes provenientes de plantas madres utilizando brotes epicórmicos y de los lignotubérculos. Para el análisis estadístico se delineó un diseño en Bloques Aleatorizados; para analizar los datos se utilizó el procedimiento GLM, se compararon las medias con el test de Duncan para medias ajustadas al 5 % de probabilidad. Los resultados mostraron que el taxón CT tuvo un mayor enraizamiento con 22,5%, seguido por las estacas de los lignotubérculos de CCC con 18,7%, con 11,2% de enraizamiento las estacas de los lignotubérculos de CCV, seguido de los brotes epicórmicos de CCV con 10,5%, por último, las estacas de los tallos de CCC fueron los de menor enraizamiento con un 5,5%. Entre los tres taxones, *Corymbia torelliana* posee una mayor capacidad de enraizamiento, no obstante, se afirma que son taxones considerados de difícil enraizamiento.

Palabra clave: brotes epicórmicos, Cuttings, *Corymbia*, lignotubérculos. enraizamiento

INTRODUCCIÓN

En los últimos años *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora* y *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* conocidas vulgarmente como eucaliptos amarillos y *Corymbia torelliana* (F. Muell.) K. D. Hill & L. A. S. Johnson (Hill y Johnson, 1995) e híbridos entre estos taxones han tomado importancia en diferentes regiones del mundo, especialmente por la alta densidad de madera que posee (mayor a 600 kg/m³) (Assis, 2014) que lo valoriza como madera de alta calidad para usos sólidos. En Argentina, y especialmente en la región Mesopotámica se viene trabajando con esta especie, determinándose que *C. citriodora* subsp. *variegata* es la especie más promisoría para ser plantada en nuestra región (López y Vera Bravo, 2016), instalándose un Huerto Semillero Clonal (Vera Bravo, 2016) con 30 ejemplares sobresalientes seleccionados fenotípicamente en tres ensayos implantados en 2000.

Corymbia torelliana es una especie muy utilizada como cortina rompevientos (Tamang et al., 2011), se ha estudiado que esta función se debe a una adecuada distribución de raíces; pero también se sabe, que esta especie, es resistente a ciertas enfermedades fúngicas en su lugar de origen en comparación con *C. citriodora* subsp. *variegata*, por tal motivo se realizaron híbridos con el objetivo de obtener materiales más tolerantes a enfermedades, sequía, heladas pese que en su lugar de origen las heladas son poco frecuentes, no obstante, esta especie se ha mostrado tolerante a temperaturas bajas de hasta 10 °C bajo cero (Lee, 2007; Reis et al., 2014; Assis, 2014) y con mayor capacidad de enraizamiento y una mayor plasticidad ambiental (Lee, 2007). Existen escasas publicaciones sobre la capacidad de enraizamiento de materiales jóvenes o la obtención de clones de estos taxones.

Se han logrado propagar materiales jóvenes de *C. citriodora* subsp. *variegata* solamente a partir de brotes provenientes de lignotubérculos (Assis, 2014), éstas son estructuras de reserva presentes en las axilas de los cotiledones, que poseen yemas vegetativas que producen rebrotes, de suma importancia en la sobrevivencia de la especie ante eventos climáticos como fuego, heladas, vientos y sequías. Estos brotes poseen características morfológicas y fisiológicas juveniles, que favorecen el enraizamiento; utilizando estos rebrotes en *C. citriodora* subsp. *citriodora* se ha logrado propagar árboles adultos (Assis, 2014), cabe aclarar que *C. torelliana* no posee lignotubérculos.

El sector forestal argentino tiene un rol fundamental en el desarrollo del país ya que promueve el desarrollo sustentable y con equidad de las economías regionales por el alto potencial de crecimiento de la industria forestal con proyección para generar una amplia oferta de bienes y servicios con incorporación de valor agregado. Por lo tanto, se requiere disponer de sistemas de propagación para capitalizar ganancias genéticas en éstas especies alternativas. No existe información sobre la propagación vegetativa de estos taxones.

La introducción de especies forestales nos permite obtener alternativas a los desafíos del sector forestal. Las nuevas demandas del mercado, las exigencias para ganar continuamente productividad, disponer de especies adecuadas ante el cambio climático con capacidad de mitigar efectos bióticos y abióticos, impulsan a buscar nuevas especies forestales alternativas a los del *Eucalyptus* y *Pinus*.

Por lo tanto, disponer de información y un sistema de propagación vegetativa de estos taxones fortalecerá a los programas existentes de mejoramiento genético de dichas especies.

OBJETIVOS

General.

Generar información sobre la capacidad de propagación vegetativa de taxones de *Corymbia* utilizando brotes juveniles.

Específicos

1- Determinar la capacidad de enraizamiento de brotes juveniles provenientes del tallo o de lignotubérculos de *Corymbia citriodora* subsp. *variegata*, *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora* y de brotes de tallo de *Corymbia torelliana*, para la producción de plantines para futuras plantaciones clonales.

2- Determinar si existen diferencias en cuanto a la capacidad de enraizamiento entre los tres taxones.

3- Determinar si existen diferencias en cuanto a la capacidad de enraizamiento entre los brotes epicórmicos y de los lignotubérculos.

MARCO REFERENCIAL

Importancia de los taxones en Argentina

El género *Corymbia* se investiga en Argentina desde hace muchos años con la idea de buscar características que los eucaliptos que actualmente se plantan no los tienen, ya que éstos, son considerados de baja aptitud para ciertas aplicaciones (pisos, marcos, ventanas, decks, muebles de exteriores) por su menor durabilidad debido a la densidad media (400 kg/m^3) que poseen; también, se pretende reemplazar el uso de la materia prima que se extrae de los bosques nativos que en general poseen alta densidad de la madera (mayores a 600 kg/m^3). Los eucaliptos, por la densidad que poseen, son demandas por la industria, para la producción de pasta celulósica, debido a que facilita su cocción y un contenido bajo en taninos para evitar el bloqueo de las sustancias blanqueadoras. La búsqueda de especies alternativas que reemplacen a la materia prima provenientes de bosques nativos motiva a muchos actores desde hace varios años a buscar otras especies; en la actualidad los mercados europeos han impuesto restricciones al ingreso de materias primas provenientes de bosques nativos. Por ello la actividad forestal está acompañada por una constante innovación tecnológica que vincula al material de propagación y a las técnicas de cultivo.

Corrientes es la provincia en Argentina con mayor superficie de bosques implantados. Produce 9.000.000 toneladas de madera anualmente pero solo el 30% se industrializa en la provincia, el resto se comercializa como materia prima a las provincias vecinas (Misiones - Entre Ríos). Las Provincias de Corrientes y Misiones poseen el 65% de la superficie de bosques cultivados del país. En la Provincia de Corrientes la superficie implantada aumentó a 516.711 ha en 2018 (i-BC S.R.L., 2018), incrementando no solo la superficie, sino también el rendimiento en volumen por hectárea; esto debido a que en los últimos 30 años se avanzó en el mejoramiento genético y la selección de individuos superiores, con caracteres asociados a la calidad de la madera. El desarrollo de la actividad forestal también está acompañado por una constante innovación tecnológica vinculada a la obtención de nuevos híbridos, es decir, al material de propagación, a las técnicas de cultivo y la organización de los actores que han transformado al sector en una de las más dinámicas en los últimos tiempos. En la actualidad se implantan bosques utilizando clones que están adaptadas a diferentes condiciones edafo-climáticas, lo que permite desarrollar proyectos forestales específicos. Con la implementación de una silvicultura clonal que implica planificar estratégicamente la forestación para poder maximizar las características superlativas de cada genotipo. Esto implica establecer la plantación en sitios específicos con técnicas de establecimiento que permitirá lograr una exitosa implantación. Disponer de información sobre la propagación de estos taxones es necesario, ya que permitirá eventualmente propagar materiales selectos.

Marco teórico

Fisiología de enraizamiento de especies leñosas

Las técnicas de propagación vegetativas son frecuentemente difíciles y a veces imposibles de aplicar en árboles adultos. La capacidad de enraizar de los árboles está asociada a su fase juvenil de desarrollo, a su edad, de ahí la importancia para saber de su eficiencia de propagación y el desarrollo de sus propágulos. El problema asociado al enraizamiento de estacas de especies forestales es que al tener los árboles una edad suficiente como para ser seleccionado en base a características que se busca para mejorar y perpetuar, estos ya han perdido su capacidad de enraizamiento. El crecimiento y desarrollo de las raíces depende de factores endógenos, los que interactúan en forma compleja y generan un amplio rango de efectos sobre el metabolismo, crecimiento y diferenciación. Por lo que la falta de conocimiento sobre estos factores restringe severamente las posibilidades del propagador en cuanto a su modificación y solo queda limitado principalmente a la manipulación y control de factores externos o ambientales que inciden en el proceso de rizogénesis. De ahí que existe más información en cuanto a los factores externos que a los internos. En cuanto a los factores internos se encuentra la identidad genética, el grado de maduración y los aspectos fisiológicos. Para la inducción del enraizamiento, se estableció, que un compuesto fenólico específico (posiblemente dihidroxifenol) actúa como cofactor del enraizamiento. Este cofactor es producido en las hojas y yemas de la estaca y posteriormente traslocado a la región de enraizamiento, donde en presencia de un factor no específico que se encuentra en concentraciones bajas en los tejidos (la auxina) y de una enzima específica localizada en las células de ciertos tejidos (polifenol-oxidasa) forman un complejo que actúa como estimulante de la rizogénesis (Bonga, 1973; Pardos, 1985).

Los factores que componen este complejo junto a otros factores determinantes de naturaleza endógena y ambiental harían posible el enraizamiento, mientras que la ausencia de alguno de ellos lo impediría. Los polímeros de dihidroxifenol actuarían como un protector de la auxina (la cual se puede oxidar en presencia de luz de baja intensidad), teniendo como función mantener los tejidos en un estado de reducción. Esto significa que ellos actúan como antioxidantes pudiendo mantener bajo el potencial redox, lo que es una condición asociada y propia de las etapas juveniles, la que a su vez es la condición más favorable para el enraizamiento (Bonga, 1982). Posteriormente se obtuvo evidencia de que la auxina al formar un complejo con un determinado factor móvil desconocido podía inducir la formación de raíces, pero se rechazó el concepto de la intervención de una enzima no móvil afirmándose que la auxina misma produce la desdiferenciación celular y determina el sitio de formación de las raíces. Actualmente, la hipótesis más aceptada indica una relación con la existencia de receptores específicos capaces de reconocer a la hormona, así como la sensibilidad del tejido para responder a su acción (Pardos, 1985). Las raíces adventicias de las estacas se forman como resultado de la estimulación auxínica y de otros factores que emigran a dicha zona (Pardos, 1985). Normalmente se ha señalado a la auxina como el factor cuya acción inductora desencadena la secuencia de etapas que culminan con la rizogénesis. Efectivamente, en especies fáciles de enraizar se ha observado que la aplicación exógena de una auxina sintética, incrementa sustancialmente el movimiento de carbohidratos, compuestos nitrogenados y otros desde el ápice hacia la base de la estaca, favoreciendo el fenómeno rizogénico (Celestino, 1985; Puri y Khara, 1992). Por otra parte, se reconoce que el efecto del regulador de crecimiento depende tanto de la especie como del grado de madurez del árbol, o del órgano, desde donde se extrae la estaca. A pesar de lo anterior, hasta ahora persiste cierta controversia en relación al efecto de las hormonas y reguladores de crecimiento sobre la formación de raíces en estacas (Puri y Khara, 1992), reconociéndose que es un fenómeno complejo, en que cada una de sus fases se encuentra controlado en distinta forma por el balance entre hormonas, inhibidores y otros compuestos bioquímicos. Algunos compuestos, como los ácidos fenólicos, flavonoides y terpenos, son capaces de modificar los procesos de crecimiento y desarrollo vegetal, generando en muchos casos una modificación del nivel de auxina en los tejidos, mediante la activación o inhibición de las enzimas que regulan su metabolismo. En general, estos compuestos parecen no inhibir la acción específica de la hormona, si no que actúan sobre

procesos metabólicos generales indispensables para cualquier forma de crecimiento, como por ejemplo la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas, formación de ATP y otros procesos, aparentemente a través de la inhibición de la actividad de algunas enzimas del metabolismo general. Se ha confirmado que las auxinas sólo aumentan una potencialidad ya existente en las especies que enraízan sin dificultad, enfatizando el desarrollo de primordios previamente formados (Pardos, 1985), y observándose que la aplicación exógena de auxina no resulta efectiva en estacas de especies de difícil enraizamiento (Celestino, 1985). También se ha confirmado después de aislar algunos compuestos que actúan en forma sinérgica con la auxina y que ella no es el único factor determinante de la rizogénesis y que su acción inductora es potenciada enormemente por compuestos de naturaleza fenólica.

Referencia de la distribución natural y botánica del género *Corymbia*

De acuerdo con Fonseca et al., (2010), *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora* se encuentra naturalmente en el este de Australia, principalmente en el estado de Queensland (QLD) (Figura1).



Figura1. Áreas en negro indican la distribución natural de *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora* en la costa este de Australia.

Donde el clima es cálido y húmedo a subhúmedo. En áreas naturales, la especie se encuentra en elevaciones desde 30 m. a 1.100 m. con temperaturas medias locales variando de 29°C a 30°C en los meses más cálidos, y de 8°C a 9 °C en los meses más fríos para la subespecie *citriodora*, y 26 °C a 29 °C y de 0 °C a 6 °C para la subespecie *variegata*. En general, las precipitaciones anuales varían de 600 mm a 2.000 mm, con mayores concentraciones en verano (Boland et al., 2006).



Figura 2. Ejemplares de *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora* en el ingreso a la Estación Experimental del INTA Bella Vista, Corrientes. Argentina.

Corymbia torelliana, es una especie nativa de un área pequeña ubicada al norte de Queensland (QLD), Australia (Boland *et al.*, 2006). Se desarrolla en un rango de latitud que va desde los 16° a 19°, entre Ingham, Port Douglas y Atherton (Figura 6) (Boland *et al.*, 2006). En su hábitat natural, las altitudes van desde 30 m a 750 m. Las temperaturas en el mes más cálido y más frío son de 29 °C a 31 °C y de 12 °C a 15 °C, respectivamente. La precipitación media anual es de alrededor de 2.000 mm, con máximas concentradas en el verano. Las heladas son poco frecuentes (Boland *et al.*, 2006).



Figura 3: Área de distribución natural de *Corymbia torelliana*, nordeste de Queensland, Australia.

Sin embargo, la especie es resistente al frío, incluidos los fríos extremos de -10 °C y heladas. Crece en laderas de montañas, en suelos derivados de rocas, arenoso y metamórfico, con buen drenaje y retención de agua (Boland *et al.* 2006). Es una de las pocas especies de *Corymbia* que se desarrollan en áreas de bosque tropical, por lo tanto, la especie tiene mayor adaptación al clima cálido, con buena rusticidad y crecimiento, incluso en regiones secas (Reis *et al.*, 2014). En la descripción de los aspectos botánicos, Lorenzi *et al.*, (2003) menciona que la especie tiene una cáscara persistente, escamosa o con incrustaciones, gris a marrón oscuro, liso y verde en la región del tronco y ramas (Figura 4).



Figura 4. Árbol identificado de *Corymbia torelliana* en una plantación instalada en 1959 rodeado de regeneración natural, en el departamento Goya, Corrientes - Argentina

MATERIALES Y MÉTODOS

Material Vegetal

Se utilizaron plantines de 1 año de edad provenientes de semillas de *Corymbia citriodora* subsp. *variegata*, de *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora* y de *Corymbia torelliana*. Las semillas que generaron estos plantines fueron cosechadas de una planta (todos los plantines producidos con las semillas de una planta, constituyen una familia de medios hermanos, por la polinización cruzada) de cada taxón, luego los plantines fueron trasplantados a macetas de 7 litros para establecer las plantas madres dadoras (Figura 5) de brotes o estacas para ser enraizadas. Las semillas de *C. citriodora* subsp. *citriodora* y de *C. citriodora* subsp. *variegata* (Figura 7) se recolectaron en un ensayo de Orígenes instalado en la misma Estación Experimental de INTA Bella Vista. Las semillas de *C. torelliana* fueron adquiridas al CSIRO (Australia) en el año 2016 por el INTA Bella Vista.

Las plantas madres fueron fertilizadas con 5 g de un fertilizante comercial de liberación controlada Multicote 4M, después de cada cosecha de brotes. Los riegos de las plantas madres se realizaron manualmente.

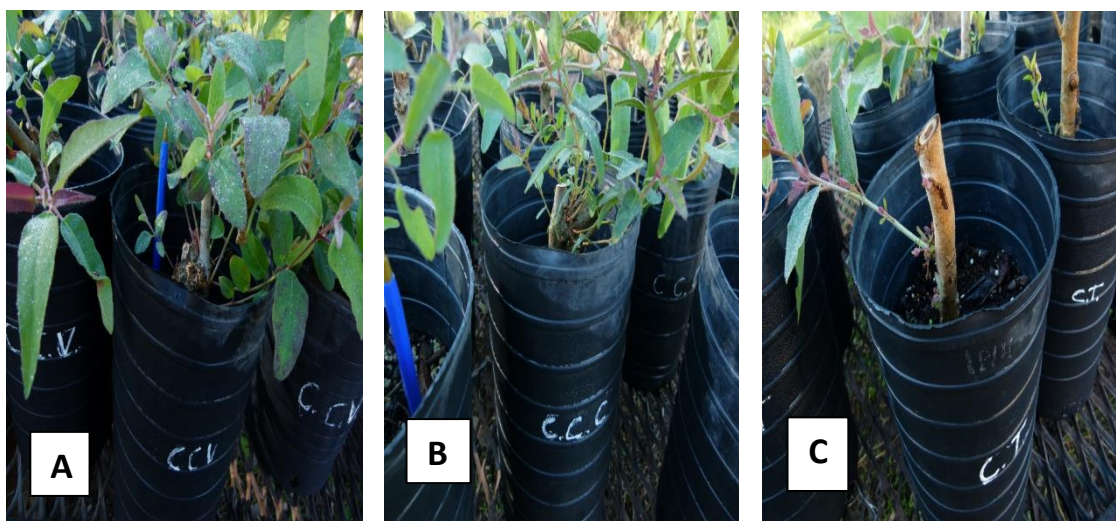


Figura 5. Plantas madres de *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* (A), *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora* (B) y *Corymbia torelliana* (C) respectivamente.

Diseño experimental:

Para determinar el porcentaje de enraizamiento de las estacas, se utilizó el diseño en bloques aleatorizados, considerando al bloque cada ciclo de corte de los brotes, (por la variación de la temperatura según la estación del año en que se realizó el corte y el enraizamiento, debido a que no se tuvo control de la temperatura en la estructura de enraizamiento); con cinco tratamientos donde las unidades experimentales fueron las bandejas con 33 a 111 brotes como mínimo y máximo a ser enraizados por tratamiento. Se realizaron 4 cortes durante 3 a 4 meses (otoño – invierno) y los brotes fueron enraizados e identificados de acuerdo al tratamiento. Para el análisis de los datos se utilizó el procedimiento GLM (modelos lineales generalizados), considerando que las variables son efectos fijos, la comparación de medias se realizó con el test de Duncan para medias ajustadas (LS Means) al 5% de probabilidad, para dicho análisis se utilizó el Sistema estadístico SAS.

El experimento consistió de 5 tratamientos: Tres corresponden a los brotes producidos en el tallo o brotes epicórmicos (Figura 6) y dos corresponden a los brotes que se indujeron en los lignotubérculos de los taxones *C. citriodora* subsp. *citriodora* y de *C. citriodora* subsp. *variegata* (Figura 7). Los brotes epicórmicos se produjeron en los primeros 15 a 20 cm de tallo luego del topping (descopado) (Figura 6). Para la inducción de brotes en las estructuras de los lignotubérculos se descopó justo por encima del lignotubérculo de cada planta. Cada tratamiento estuvo compuesto por 10 a 12 plantas iniciales.

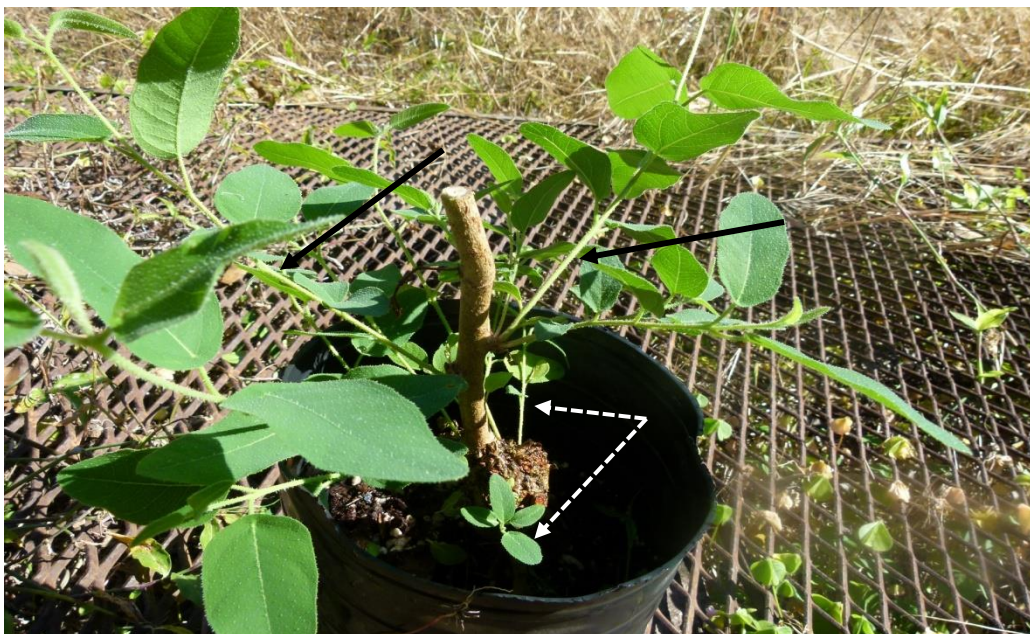


Figura 6. Brotes epicórmicos (del tallo, líneas negras continuas) y de los lignotubérculos (flechas, líneas blancas punteadas) en *Corymbia citriodora* subsp. *variegata*.

Para el enraizamiento se procedió a cortar los brotes del tallo o del lignotubérculo según el tratamiento, y se realizó una mezcla de los brotes provenientes de cada planta por taxón y por tratamiento, luego de eliminar algunas hojas y cortar las láminas de las hojas por la mitad para disminuir el área de transpiración (Figura 9) y dejarlas con una altura de 7 a 10 cm desde el ápice hasta la base de la estaca; Las mismas fueron sumergidas en una solución de agua y benomyl al 2 ‰ (para eliminar posibles hongos superficiales y subsuperficiales que podrían provocar la muerte de los brotes), las estacas así preparadas, fueron insertas hasta una profundidad de 2 a 3 cm en el sustrato, y luego fueron acondicionadas en una estructura de enraizamiento.

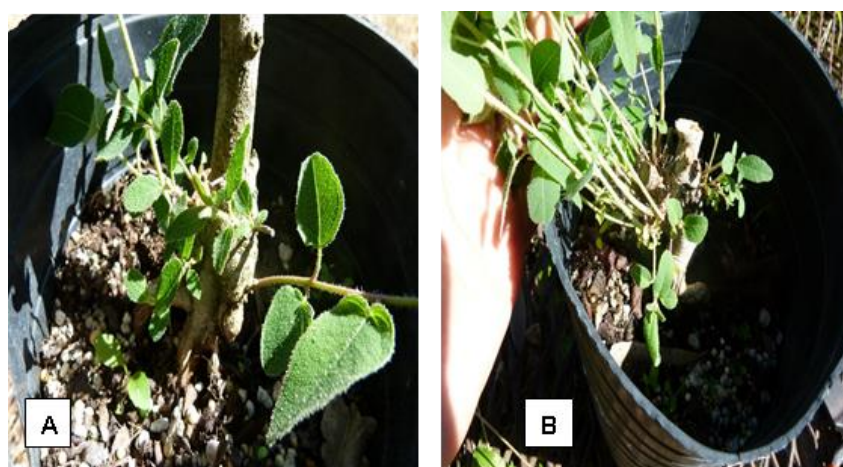


Figura 7. Lignotubérculos con brotes para ser enraizados de *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora* (A) y *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* (B) respectivamente.

Condiciones de enraizamiento:

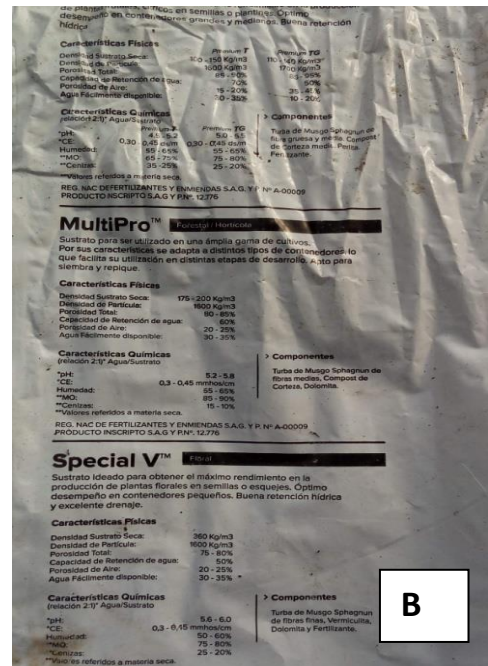
Los brotes fueron enraizados en una estructura con humedad del 90% ($\pm 5\%$) producidas por foggers (nebulizadores, Figura 10) que producen una niebla, los foggers se encendían con una frecuencia de 5 a 20 minutos según temperatura, evitando en lo posible agua libre sobre las hojas. La temperatura promedio en la estructura de enraizamiento fue de 29 °C. Al cabo de noventa días se evaluó el porcentaje de estacas con raíz.

Sustrato:

El sustrato utilizado en las macetas donde crecieron las plantas madres fue en un sustrato comercial Grow Mix (Figura 8).



A



B

Figura 8. Marca comercial del sustrato utilizado en el proceso de enraizamiento, en A cara frontal de envase del sustrato y en B, cara posterior del envase.

El sustrato para el enraizamiento estaba compuesto por una mezcla de turba y 20% de perlita, fertilizado con basacote 4M plus a razón de 2 kg por m³ de sustrato, con este sustrato se logra una porosidad para permitir la percolación rápida del agua y una buena aireación para un buen crecimiento de las raíces.

Análisis estadístico:

El efecto entre los tratamientos y entre los taxones fue examinado a través del Análisis de la Varianza. Los valores descriptivos de probabilidad (p) obtenidos fueron calculados por el procedimiento GLM del Sistema Estadístico SAS estudiantil. Debido a los valores de respuesta cero, fue sumado la constante 0,5 a cada valor del porcentaje de enraizamiento para así proceder al análisis estadístico. Como algunas suposiciones del análisis de la varianza no se cumplían (escalas de respuesta) y por tratarse la variable respuesta en porcentaje se procedió a realizar una transformación aplicando la raíz cuadrada al porcentaje de enraizamiento más la constante 0,5.

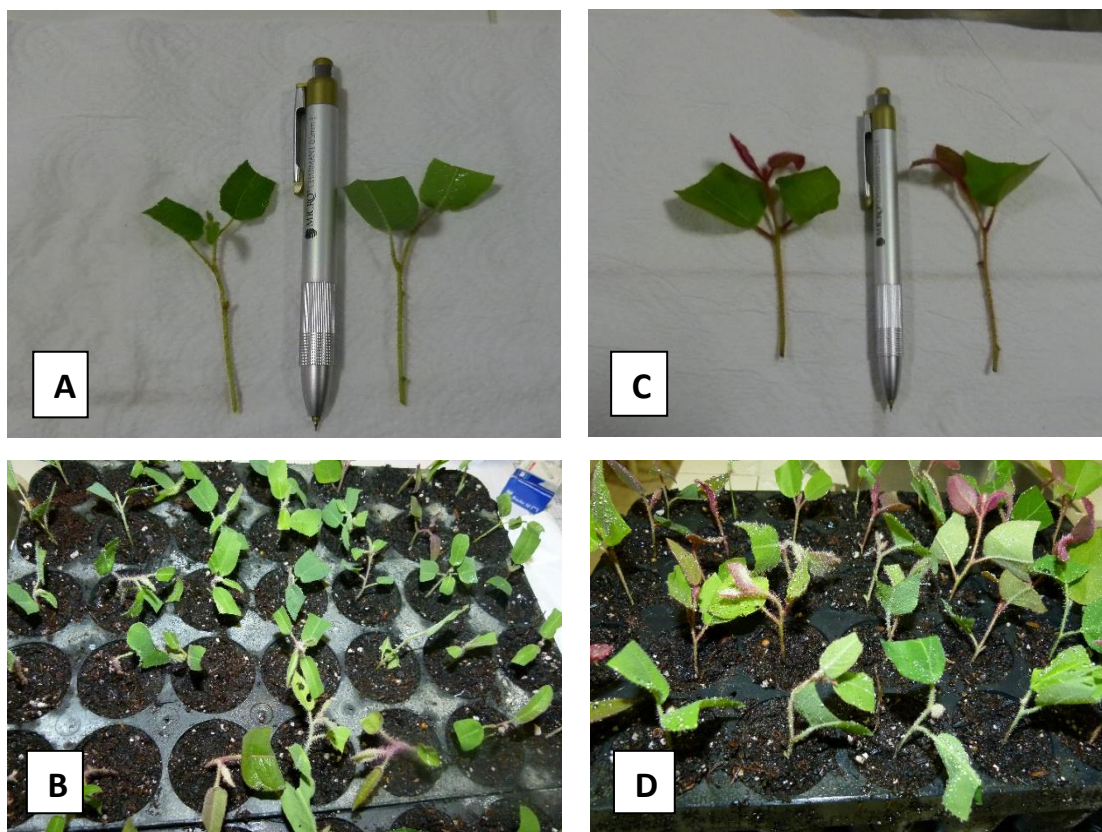


Figura 9. Estacas de *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora* (A y B) y *Corymbia torelliana* (C y D), antes y después de insertadas en el sustrato para el enraizamiento.

Estructura para la propagación

Es un invernáculo con techo y laterales de plástico de 100 micrones de espesor, durante el proceso de enraizamiento normalmente permanece cerrado herméticamente, cuando hay humedad excesiva dentro de la estructura se levantan las paredes laterales para permitir un aireado de la estructura. Durante los meses más calurosos del año se coloca una media sombra del 50% por encima del techo a una distancia de 30 cm aproximadamente.

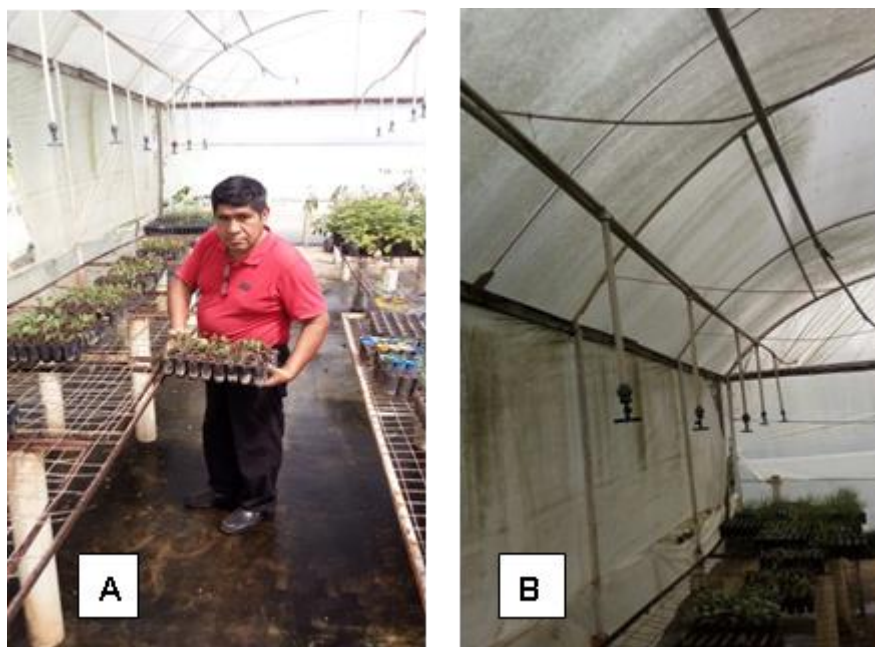


Figura 10. Bandejas con los brotes a ser enraizado y nebulizadores (foggers) en la estructura de enraizamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante las primeras semanas en la estructura de enraizamiento, en las estacas ocurrió una oxidación de las hojas en las zonas de corte, este fenómeno también se observa en la región de corte del tallo lo que probablemente dificulta el enraizamiento, fenómenos similares ocurren en *Eucalyptus grandis*, con ataques de pudrición que son originados por condiciones abióticas, colonizados luego por hongos saprófitos (Alfenas et al., 2004). Aproximadamente a los 70 días de permanecer en la estructura de enraizamiento se observan las primeras raíces que sobresalen en la parte inferior de las bandejas, un tiempo demasiado largo en comparación con materiales clonales de *Eucalyptus grandis* e híbridos que en un periodo de 30 días ocurre este proceso (Titon et al., 2003; Ayala et al., 2020). Las primeras raíces que se observaron fue en *Corymbia torelliana*.

Del estudio del análisis de varianza se desprende que hay diferencias significativas entre los tratamientos, es decir, hay diferencias entre las medias en porcentaje de enraizamiento de las estacas provenientes de los tallos o de brotes epicórmicos y de los lignotubérculos de los tres taxones según corresponda (tratamiento) como puede apreciarse en la Tabla 1.

Tabla 1. Esquema del análisis de la varianza del porcentaje de enraizamiento de las estacas provenientes de tres taxones de *Corymbia* (*C. torelliana*, *C. citriodora* subsp. *citriodora* y *C. citriodora* subsp. *variegata*), tanto de los tallos o brotes epicórmicos como de los lignotubérculos según el tratamiento.

Tabla 1
Esquema del análisis de la varianza

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr >F
Bloques	3	20,158	6,7190	6,12	0,0091
Tratamientos	4	15,12	3,7800	3,44	0,0428
Residuo	12	13,17	1,0977		
Total	19	48,45			

CV= 29, 9%

En promedio el mayor porcentaje de enraizamiento detectado fue para *Corymbia torelliana* con 22,5% seguido por *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora* (CCC) con 18,75% de estacas enraizadas, y el menor porcentaje de enraizamiento fue para *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* (CCV) con 11,25%. Al comparar el porcentaje de enraizamiento en promedio entre los taxones que poseen lignotubérculos; el enraizamiento en CCC fue mayor que CCV, no obstante, no se detectaron diferencias significativas entre ambos tratamientos. Cuando se comparan los porcentajes de enraizamiento entre las estacas provenientes de los lignotubérculos y de los tallos dentro de cada taxón se observó que hay un mayor porcentaje de enraizamiento en las estacas provenientes de los lignotubérculos tanto en CCC como en CCV, sin embargo, solo hubo diferencias significativas en el taxón CCC mientras que en CCV las diferencias no fueron significativas.

Tabla 2. Porcentaje de enraizamiento de estacas de *Corymbia torelliana* (CT), *C. citriodora* subsp. *citriodora* (CCC) y *C. citriodora* subsp. *variegata* (CCV) derivadas de diferentes fuentes de explante (tallos o brotes epicórmicos o lignotubérculos). Letras iguales no hay diferencias significativas (datos transformados*) entre las medias del porcentaje de enraizamiento de las estacas de los cinco tratamientos, por el test de Duncan ($\alpha=0,05$).

Tabla 2

Porcentaje de Enraizamientos de Estacas

Tratamientos	Porcentaje de enraizamiento	Medias
CT	22,5	A
CCC lignotubérculos	18,75	A B
CCV lignotubérculos	11,25	C B
CCV tallo	10,5	C B
CCC tallo	5,5	C

Nota *datos transformados según la raíz cuadrada del [porcentaje de enraizamiento + 0,5].

De los resultados encontrados y considerando la sobrevivencia de los plantines enraizados, se deduce claramente que éstos taxones son de bajo porcentaje de enraizamiento, porcentajes similares o mayores a los reportados aquí se han obtenido en híbridos intraespecíficos (Reis et al., 2014), estos autores reportan un enraizamiento en promedio del 30% para CT; CT aporta un efecto materno favorable en cuanto al porcentaje de enraizamiento de los híbridos (Assis, 2000).

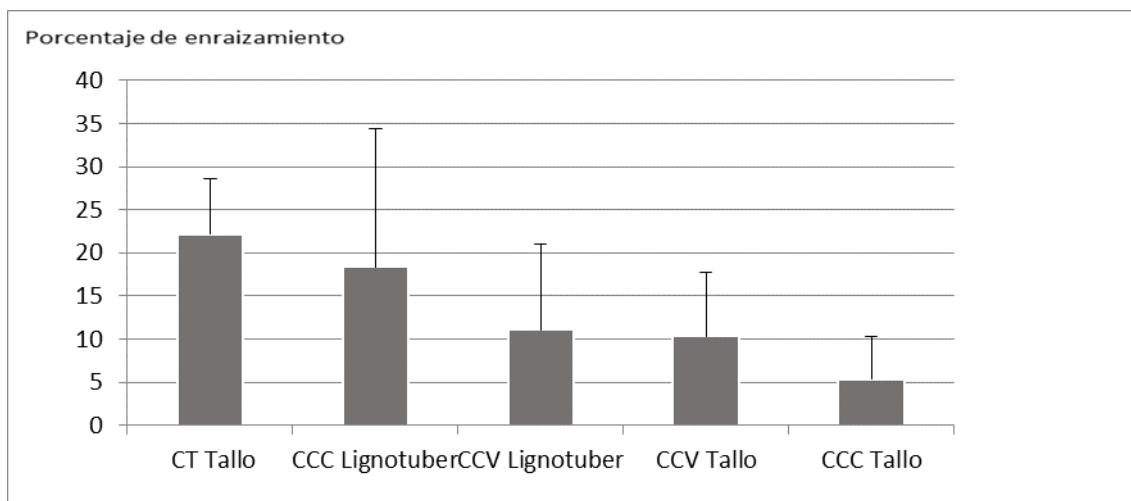


Figura 11. Medias de porcentajes de enraizamiento de las estacas de los cinco tratamientos de los tres taxones de *Corymbia* estudiados (*Corymbia citriodora* subsp. *citriodora* – CCC, *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* - CCV, y *Corymbia torelliana* - CT) a los 90 días del inicio del proceso de enraizamiento. Las barras corresponden a los desvíos estándares. Los resultados indican el promedio de 4 repeticiones (n= 280 para CT Tallo; n=164 para CCC Lignotubérculo; n=311 para CCV Lignotubérculo; n=280 para CCV Tallo y n=280 para CCC Tallo).

Como se puede observar en la Figura 11 los desvíos estándares, en general, tienen una gran dispersión de los valores de enraizamiento; del mismo modo el coeficiente de variación determinado es alto (29,9%), lo que indica una alta variabilidad en cuanto al enraizamiento dentro de cada tratamiento. El enraizamiento de CT muestra una mayor homogeneidad en cuanto al enraizamiento comparado con el resto de los tratamientos, dado que posee un menor desvío estándar en relación a los otros tratamientos (Figura 11). El porcentaje de enraizamiento logrado en este trabajo (22,5%) es inferior a lo reportado por Reis et al., (2014) quienes indican un promedio de 30%.

El enraizamiento de las estacas provenientes de los lignotubérculos tanto de CCC y CCV tuvieron un enraizamiento de 18,75 y 11,25% respectivamente, no obstante, no hubo diferencias estadísticas entre ambos tratamientos (Tabla 2).

En las Figuras 12 y 13 los plantines logrados el crecimiento de los tallos es ortótropo, en algunos casos se observó plantas creciendo a hacia los laterales, pero se debe principalmente debido al peso del agua adherida a las hojas, ya que las hojas son pilosas.



Figura 12. Plantines enraizadas de *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora*, las estacas provienen de los tallos (foto de la izquierda) y de los lignotubérculos (foto de la derecha).



Figura 13. Plantines enraizadas de *Corymbia citriodora* subsp. *variegata*, las estacas provienen de los tallos (foto de la izquierda) y lignotubérculos (foto de la derecha).



Figura 14. Plantines enraizadas de *Corymbia torelliana*, cuyas estacas provienen de los tallos.

En general, en la propagación de clones de eucaliptos se ha dejado de utilizar hormonas de enraizamiento al mejorar el manejo de los jardines clonales como lo indican Assis y Mafia (2005), facilitando la manipulación de las estacas, por esta razón en el presente trabajo se evitó el uso de reguladores de crecimiento. No obstante, Trueman y Richardson (2008) demostraron que la aplicación de IBA incrementó el porcentaje de enraizamiento en *C. torelliana* y de sus híbridos; así mismo, Bryant y Trueman (2015) encontraron que la aplicación de reguladores de crecimiento incrementaron el porcentaje de enraizamiento en *C. torelliana* x *C. citriodora* y produjeron más de cuatro raíces adventicias en diferentes posiciones alrededor del tejido vascular de las estacas. Otros autores reportaron datos de enraizamiento de híbridos de *Corymbia torelliana* x *C. citriodora* y viceversa, cuando CT es la madre los porcentajes de enraizamiento son mayores y varían de 39 a 43% (Reis et al., 2014) cuando CT es el padre, los porcentajes de enraizamiento son menores. El mayor porcentaje de enraizamiento de los híbridos se debe, al vigor híbrido, por esta razón, los porcentajes encontrados en el presente trabajo son inferiores a los reportados en los híbridos. En función de los bajos porcentajes de enraizamiento encontrados y reportados Fernández (2020); Assis et al. 2004; Hung and Trueman. (2012) citan al género *Corymbia* y ciertas especies pertenecientes a este género como difícil de propagar vegetativamente.

En clones de *Eucalyptus* spp. el uso de micro túneles dentro de invernáculos donde crecen las plantas madres, incrementó el porcentaje de enraizamiento en las estaciones de menor temperatura como lo indica Batista et al. (2015), donde demostraron el incremento en porcentaje de enraizamiento cuando las plantas madres fueron manejadas en dichas estructuras. Es probable que replicar esta experiencia a los taxones considerado en el presente trabajo podrá generar resultados más exitosos.

Los plantines (estacas enraizadas) después de 90 días de permanecer en la estructura de enraizamiento se los sometió a un proceso de rusticación, colocándolas a pleno sol y con riego intermitente para que el cambio no sea brusco, en este proceso se produjo la mortandad del 50% de las plantas, al observar las raíces se comprobó que las raíces eran insuficientes en número donde la mayoría de los plantines tenía una sola raíz y sin raíces secundarias ni pelos absorbentes, solo en los plantines que permanecieron vivos se pudo apreciar raíces secundarias y menor cantidad de pelos absorbentes (Figura 15A, derecha) que en las raíces de origen seminal (Figura 15A, izquierda). Del mismo modo se observaron estacas muertas las que en la base presentaron un callo que no regeneró raíces (Figura 15C). En los plantines logrados se observó que las raíces no poseen una arquitectura ni distribución adecuada de las raíces primarias y secundarias en el sistema radicular, a diferencia de las raíces seminales que poseen numerosos pelos absorbentes (Figura 15A, raíz de la izquierda) y una arquitectura y distribución simétricas.

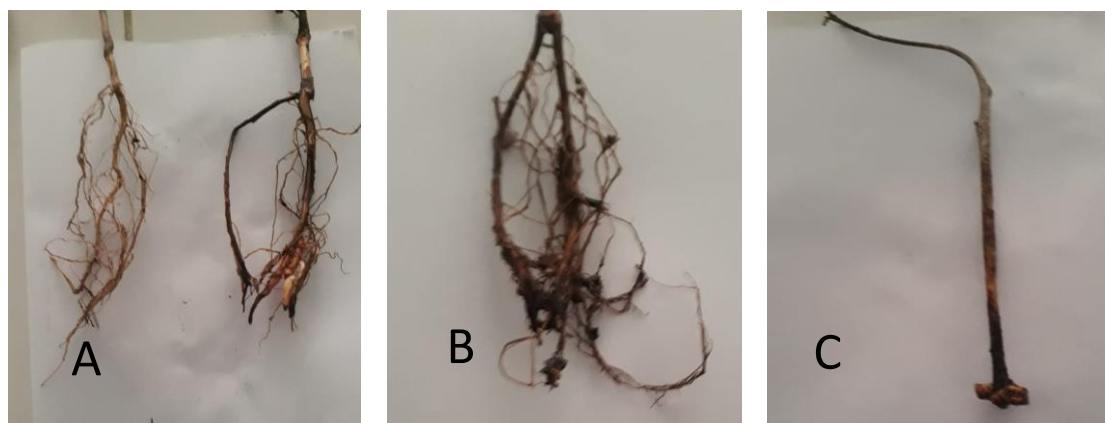


Figura 15. A) Plantines con raíces seminales (izquierda) y adventicia (derecha) de *Corymbia torelliana*. B) Raíces adventicias de *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* y en C) estaca de *Corymbia citriodora* subsp. *citriodora* con un callo en la base donde no se diferenciaron raíces.

El porcentaje de enraizamiento de estacas juveniles obtenidos en este trabajo en los 3 taxones de *Corymbia* es muy exiguo, estos resultados se contradicen con la premisa de que tejidos jóvenes poseerían una mayor capacidad de enraizamiento sobre todo en especies leñosas (Hartmann et al. 2010), no obstante, esa capacidad también está ligada al material genético como lo indican Hartmann et al. (2011) y Ayala et al. (2020).

En los tres taxones estudiados, la sobrevivencia de los plantines después del proceso de enraizamiento en la estructura de propagación fue baja. Probablemente este fenómeno se deba a un mal funcionamiento de las raíces, este proceso también ha sido observado por Trueman y Richardson (2008) al tratar de propagar especies de éste género. No obstante, *Corymbia torelliana* fue el taxón que mayor porcentaje de enraizamiento y sobrevivencia tuvo.

CONCLUSIONES.

El presente trabajo, confirma lo expresado por otros autores que los taxones estudiados se corresponden a materiales considerados recalcitrantes en cuanto a la capacidad de enraizamiento.

La propagación clonal de especies del genero *Corymbia* todavía está en una fase inicial de desarrollo, por ende, falta estudios que promuevan el desarrollo de un sistema radicular, simétrico, en un menor tiempo de inducción de raíces para favorecer a futuro la propagación clonal de familias o clones.

Las estacas de *Corymbia torelliana* poseen una mayor capacidad de enraizamiento que *C. citriodora* subsp *citriodora* y que *C. citriodora* subsp *variegata*.

REFERENCIAS.

Alfenas, A.C., Zauza, V.E.A., Mafia, R.G., & Assis T.F. (2004). Doenças causadas por Agentes Bióticos ou Infecciosos. En: Clonagen e Doenças do Eucalipto. Editorial UFV. Viçosa, MG, Brasil. Pp. 199-303.

Assis, T. F. (2000). Production and use of Eucalyptus hybrids for industrial purposes. In: QFRI/CRC-SPF Symposium, Noosa, Queensland. Hybrid breeding and genetics of forest trees: proceedings. Brisbane: Department of Primary Industries, 63-75 pp.

Assis T.F., Fett-Neto, A.G., & Alfenas, A.C. (2004). Current techniques and prospects for the clonal propagation of hardwoods with emphasis on Eucalyptus. In: Walter C, Carson M (eds) Plantation Forest Biotechnology for the 21st Century. Research Signpost, Kerala, India, 303–333 pp.

Assis, T.F., & Mafia, R.G. (2005). Hibridação e Clonagem. In: Biotecnología Florestal. Capítulo 5. En: BORÉM, A. (Ed.) Editorial UFV. Viçosa, MG, Brasil. 93-121 pp.

Assis, T.F. (2014). Melhoramento genético de *Eucalyptus*: desafios y perspectivas. Conference: 3° Encontro Brasileiro de Silvicultura At: Campinas, SP, Brasil. Disponible: https://www.researchgate.net/publication/311453642_Melhoramento_genetico_de_Eucalyptus_desafios_e_perspectivas. (Consulta 10/11/2017).

Ayala P., Surenciski M., Harrand L., & Luna C. (2020). Capacidad de enraizamiento de clones híbridos de *Eucalyptus* del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina. Temas Agrarios 25 (1): 66-76.

Batista, A.F., Santos, G.A., Silva, L.D., Quevedo, F.F., & Assis, T.F. (2015). The use of mini-tunnels and the effects of seasonality in the clonal propagation of *Eucalyptus* in a subtropical environment. Australian Forestry, 78:2, 65-72. DOI: 10.1080/00049158.2015.1039162.

Boland D.J., Brooker M.I.H., Chippendale G.M., Hall N., Hyland B.P.M., Johnston R.D., Kleining D.A., McDonald M.W., & Turner J.D. (2006). Forest Trees of Australia. Ed. CSIRO Fifth edition. Victoria, Australia. 715 pp.

Bonga, J. (1973). Vegetative propagation: tissue and organ culture as an alternative to rooting cutting. N.Z. Jour. For. Sci. 4(2):253-260.

Bonga, J. (1982). Vegetative propagation in relation to juvenility, maturity and rejuvenation. En: Bonga, J. y Durzan, D. Tissue Culture in *Forestry*. Boston, London. 387- 412 pp.

Bryant P.H. & Trueman S. J. (2015). Stem anatomy and adventitious root formation in cuttings of *Angophora*, *Corymbia* and *Eucalyptus*. Forests 6:1227-1238.

Celestino, C. (1985). Aspectos fisiológicos del enraizamiento: su control hormonal. En: Propagación vegetativa de especies leñosas de interés forestal. Curso monográfico. Escuela Técnica Superior de ingenieros de Monte. Madrid, Junio de 1985. 21-30 pp.

Fernandes O.S.J. (2020). Micropropagacão e miniestaquia seriada de clones híbridos de *Corymbia*. Tesis de Doctorado. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina. MG. Brasil. 104 pp.

Fonseca, S. M., Resende, M.D.V., Alfenas, A.C., Guimaraes, L.M.S., & Assis, T.F., Grattapaglia, D. (2010). Manual práctico de melhoramento genético do eucalipto. Editorial UFV. Viçosa, MG, Brasil. 200 pp.

Hartmann, H.T., Kester, D.E., Davies, F.T., & Geneve, R. L. (2010). Plant propagation: principles and practices. New Jersey: Prentice Hall, 915 p. Hill K.D., Jonhson L.A.S. 1995. Systematic studies in the *Eucalyptus*. 7. A revision of the bloodwoods, genus *Corymbia* (Myrtaceae). Telopea 6:185-504.

- Hartmann H. T, Kester D. E, Davies Jr. F. T., & Genever R. L. (2011). Plant propagation: principles and practices. 8th ed. São Paulo, SP, Brazil: Prentice-Hall, 915 pp.
- Hill, K. D., & Johnson, L. A. S. (1995). Systematic studies in the eucalypts 7. A revision of the bloodwoods, genus *Corymbia* (Myrtaceae). *Telopea*, v.6, 185-504 pp.
- Hung, C.D., & Trueman, S.J. (2012). Alginate encapsulation of shoot tips and nodal segments for short-term storage and distribution of the eucalypt *Corymbia torelliana* x *C. citriodora*. *Acta Physiol Plant.* 4:117–128.
- i-BC S.R.L. (2018). Actualización del inventario forestal de bosques implantados en la provincia de Corrientes. Disponible: <https://apefic.org.ar/wp-content/uploads/2019/12/Inventario-Forestal-2018.pdf>. (Consulta 15/11/20).
- Lee, D.J. (2007). Achievements in forest tree genetic improvement in Australia and New Zealand 2: Development of *Corymbia* species and hybrids for plantations in eastern Australia. *Australian Forestry* 2007. Vol. 70 (1):11–16.
- López, J.A. & Vera Bravo, C.D. (2016). Velocidad de crecimiento y rectitud del fuste de *Corymbia* spp. Domesticación y mejoramiento de especies forestales. Editado por Martín Alberto Marcó; Carolina Isabel Llavallol. UCAR 2016, Buenos Aires. 61 – 62 pp.
- Lorenzi, H., Souza, H.M., Torres, M.A.V., & Bacher, L.B. (2003). Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas. Instituto Plantarum, Camara Brasileira do Livro, Nova Odessa, SP, Brasil., 352 pp.
- Pardos, J. (1985). Fisiología de la producción de raíces. En: Propagación vegetativa de especies leñosas de interés forestal. Curso monográfico. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Monte. Madrid. 13 – 20 pp.
- Puri, S., & Khara, A. (1992). Influence of maturity and physiological status of woody cutting: Limits and promises to ensure successful cloning. *Indian Forester* 118(8): 560-572.
- Reis F.C.A., Assis T.F., Santos A. M. & Paludzyn, E. (2014). *Corymbia torelliana*: estado da arte de pesquisas no Brasil. Documentos Nº 261 EMBRAPA, Colombo, PR, Brasil. 1- 54 pp.
- Tamang, B., Andreu M.G., Staudhammer C.L., Rockwood D.L., & Jose, S. (2011). Towards an empirical relationship between root length density and root number in windbreak-grown cadaghi (*Corymbia torelliana*) trees. *Plant Root* 5: 40-45. [https:// doi:10.3117/plantroot.5.40](https://doi.org/10.3117/plantroot.5.40).
- Titon M.; Xavier A.; Gonçalves, G. & Otoni. W. C. (2003). Eficiência das minicepas e microcepas na produção de propágulos de clones de *Eucalyptus grandis*. R. *Árvore*, Viçosa-MG, v.27, n.5, 619-625 pp.
- Trueman, S. J., & Richardson D.M. (2008). Relationships between Indole-3-Butyric Acid, Photoinhibition and Adventitious Rooting of *Corymbia torelliana*, *C. citriodora* and F1 Hybrid Cuttings. *Tree and Forestry Science and Biotechnology.* 2(1):26-33.
- Vera Bravo, C.D. (2016). Nuevos Huertos Semilleros de *Corymbia* y *Grevillea*. Domesticación y Mejoramiento de especies forestales. pp. 62 – 63. Editado por Martín Alberto Marcó; Carolina Isabel Llavallol. UCAR 2016, Buenos Aires.