

Universidad Nacional del Nordeste

Facultad de Ciencias Agrarias

Escuela de Posgrado

Especialización en Manejo de Recursos Forestales

Trabajo Final Integrador

“Técnicas aplicadas para la propagación vegetativa en especies de interés forestal:
una revisión crítica”

Alumna: Badaracco Paula

Director: Ing. Agr. Dr. Oberschelp Javier

Año: 2023

Índice

Resumen.....	II
Abstract.....	III
Dedicatoria y Agradecimientos.....	IV
Introducción.....	1
Materiales y Métodos.....	3
Resultados y Discusión.....	5
Conclusiones.....	21
Bibliografía.....	23

Resumen

La propagación vegetativa se basa en la selección y reproducción asexual de plantas con intereses productivos, comerciales o recreativos. La misma puede lograrse por macropropagación con la producción de estacas e injertos o la micropropagación con el cultivo *in vitro* de células o tejidos. Como el principal propósito de la propagación clonal por estaca es estimular el desarrollo de raíces a partir de tejidos no especializados, se deben considerar factores endógenos y exógenos. El objetivo de este trabajo fue recopilar antecedentes y comparar diferentes factores o recursos relevantes en la propagación vegetativa por estacas en especies de interés forestal regional y de Argentina. Se relevaron diferentes producciones científicas, encontrándose más de 50 trabajos de investigación que abordan la propagación vegetativa y los factores que pueden influenciarla. Luego de analizar y sistematizar la información se concluyó que existen aspectos que no han sido abordados y que requieren de actualización o mayor investigación, como ser el estado de juvenilidad, micronutrientes, uso de bioinsumos, sustratos a base de subproductos industriales u otros recursos como el uso de organismos benéficos y biocontroladores.

Abstract

Vegetative propagation is based on the selection and asexual reproduction of plants with productive, commercial or recreational interests. It can be achieved by macropropagation with the production of cuttings and grafts or micropropagation with *in vitro* cell or tissues culture. Considering that the main purpose of cutting clonal propagation is to stimulate root development from unspecialized tissues, endogenous and exogenous factors must be considered. Therefore, the objective of this paper was to compile past investigations and to compare different factors or resources relevant in the vegetative propagation by cuttings in species of forest interest in Argentina and the region. Different scientific productions were surveyed, finding more than 50 research papers that analyze vegetative propagation and the factors that can influence it. After analyzing and systematizing the information, it was concluded that there are aspects that have not been completely considered and require further study or being updated, for instance the state of youth, micronutrients, use of bio-inputs, substrates based on industrial by-products or other resources like the use of beneficial and biocontrol organisms.

Dedicatoria y Agradecimientos

Gracias a mi Director del Trabajo Final Integrador, el Ing. Agr. Dr. Oberschelp Javier, por el tiempo y compromiso en mi formación profesional de posgrado.

Mi gratitud por su disposición y profesionalidad a la Directora de la Especialización en Manejo de Recursos Forestales, Dra. Toledo Marcela y a la Coordinadora Dra. Rey Montoya Soledad, quienes me han brindado su tiempo y me han aconsejado de manera de sortear los obstáculos que surgieron durante el desarrollo de la carrera.

Y sobre todo mi gratitud a mi Familia y amistades, quienes me acompañaron y apoyaron constantemente a lo largo de este año y medio de carrera.

Introducción

La propagación vegetativa se basa en la selección y reproducción asexual de plantas con intereses productivos, comerciales o recreativos, considerando que cada célula vegetal contiene la información genética necesaria para reestablecer un organismo similar al que formó parte, lo que se conoce como totipotencialidad (Gutiérrez Caro y Ipinza Carmona, 1998; Sulichantini et. al., 2014; Jain y Nakhooda, 2016; Avi Eliyahu et. al., 2020). De esta manera, la propagación vegetativa da como resultado copias genéticamente idénticas a la planta madre, las cuales en su conjunto se conocen como clon, logrando uniformidad fenotípica (Gutiérrez Caro y Ipinza Carmona, 1998; Higashi et. al., 2000 a; Eliyahu et. al., 2020).

El desarrollo de la silvicultura clonal en distintos países permitió la producción forestal de eucaliptos, sauces y álamos, entre otras especies (Zsuffa et al., 1993; Rezende et al., 2013; Wu et. al., 2013; De Almeida et. al., 2017). Entre sus productos relevantes para la sociedad, se encuentran leña, aceites esenciales, carbón vegetal, pulpa de papel, energía, entre otros (Eldridge et al., 1994, Turnbull, 1999; Jain y Nakhooda, 2016).

En silvicultura, la propagación vegetativa o clonal es muy utilizada y ofrece ventajas significativas como ser propagar una especie que de hacerlo por semilla es muy difícil, o bien, por ciclos reproductivos muy largos (Gutiérrez Caro y Ipinza Carmona, 1998; Nakhooda y Jain, 2016). También permite una ganancia genética relativamente rápida debido a la propagación masiva de genotipos de élite, mayor eficiencia en el manejo forestal y mejor utilización del producto final (De Almeida et. al., 2017).

Por otro lado, con la propagación vegetativa, los individuos serán genéticamente idénticos entre sí pero pueden presentar variaciones fenotípicas debido a diferentes factores (Gutiérrez Caro y Ipinza Carmona, 1998; Higashi et. al., 2000). Entre las principales causas pueden estar la posición de donde se ha tomado el material vegetal para ser propagado (Bonga, 1982; Gutiérrez Caro y Ipinza Carmona, 1998; Higashi et. al., 2000), edad de la planta madre (Franclét, 1985; Gutiérrez Caro y Ipinza Carmona, 1998; Higashi et. al., 2000;

Nakhooda y Jain, 2016) y las condiciones ambientales (Libby y Jund, 1962; Gutiérrez Caro y Ipinza Carmona, 1998; Higashi et. al., 2000). El éxito de los programas de propagación vegetativa depende, en gran medida, del estudio y control de estos factores (Gutiérrez Caro y Ipinza Carmona, 1998).

La propagación clonal puede lograrse por diferentes métodos, entre ellos la macropropagación a través de la producción de estacas e injertos, y la micropropagación mediante el cultivo *in vitro* de células y tejidos (Assis et al., 2004; De Almeida et. al., 2017). Por un lado el corte de tallo o macrocorte se basa en la utilización de brotes de árboles maduros para lograr su enraizamiento y obtención de nuevos individuos, tal como sucede con ciertas especies de álamos. Sin embargo, en especies recalcitrantes al enraizamiento no es posible esta técnica de macropropagación por la pérdida de la competencia de regenerar raíces adventicias en tejido maduro. Para resolver este problema, se han implementado nuevas técnicas basadas en la obtención continua de tejido juvenil, como es el caso de las miniestacas (Assis et. al., 2004; Jain y Nakhooda, 2016; De Almeida et. al., 2017).

La propagación comercial por estacas tiene como punto de partida tejidos vegetales como ser tallos, fascículos o braquiblastos (Gutiérrez Caro y Ipinza Carmona, 1998). Las estacas pueden obtenerse a partir de jardines clonales o bien en minijardines. En el primer caso, las plantas madres se encuentran plantadas en áreas de multiplicación clonal extensas con diferentes densidades de plantación (Campinhos, 1987; Higashi et. al., 2000). Mientras que en los minijardines, las plantas madres se encuentran en contenedores con ambiente controlado, presentando beneficios operativos, técnicos, económicos y ambientales (Higashi et. al., 2000; Assis et. al., 2004; Santos et. al., 2016).

Como el principal objetivo de la propagación clonal por estacas es estimular el desarrollo de raíces a partir de tejidos no especializados para ello, se deben considerar factores endógenos y exógenos para poder conseguirlo de manera exitosa (Gutiérrez Caro y Ipinza Carmona, 1998; Higashi et. al., 2000; De Almeida et. al., 2017).

El **objetivo** de este trabajo fue recopilar antecedentes y comparar diferentes factores o recursos relevantes en la propagación vegetativa por estacas en especies de interés forestal regional y de Argentina.

Materiales y métodos

La propagación clonal es un recurso muy utilizado en la silvicultura, donde los procesos empleados para distintas especies, condiciones o regiones del mundo no han sido ampliamente evaluadas y comparadas (Sulichantini et. al., 2014). Se efectuaron búsquedas de antecedentes a partir del acceso a revistas científicas indexadas, repositorios de Tesis de posgrado de Universidades, sitios y centros de Investigación, consultas de libros impresos y electrónicos, entre otros. Es por ello que a lo largo de este trabajo se relevaron diferentes producciones científicas que hayan analizado factores o recursos a tener en cuenta a la hora de propagar vegetativamente especies de interés forestal, encontrándose más de 50 trabajos de investigación que abordan dicha temática. Los resultados de esta búsqueda se resumen en la siguiente tabla, ordenando las publicaciones de acuerdo al factor de interés y dentro de las publicaciones desde las más antiguas a las más recientes.

Factor	Trabajos científicos
Madurez y posición de los propágulos	Roulund, 1973; Iritani e Soares, 1983; Zobel y Talabert, 1984; Bonga et. al., 1987; Gomes, 1987; Hacket, 1987; Huang et. al., 1990; Eldridge et al., 1994; Wendling y Xavier, 2001; Aimers-Halliday et. al., 2003; Wendling et al., 2003; Wendling e Xavier., 2005a y b; Wendling et. al., 2014; Wendling et al., 2015; Aumond et al., 2017; Pizarro y Díaz-Sala, 2018.

Nutrientes	Tinley, 1961; Sharma, 1979; Haissig, 1986; Souza y Felker, 1986; Malavasi, 1994; Hartmann, 1997; Trindade y Pais, 1997; Aimers-Halliday et al., 1998; Bellamine et al., 1998; Higashi, 2000; Moraes- Netto et. al., 2003; Assis et. al., 2004; Silveira et. al., 2004; Schwanbach et. al., 2005; Rosa et. al., 2006; Ribero et. al., 2007; Vasconcellos et. al., 2007; Osmont et. al., 2007; Da Cunha et. al., 2009; Rosa et. al., 2009; Da Costa et. al., 2013; Da Silva et. al., 2014; De Almeida et. al., 2017
Luz	Hoad y Leakey, 1996; Assis et. al., 2004; Ruedell et. al., 2013; De Almeida et. al., 2017
Temperatura	Blake, 1983; Hartney, 1980; Soldevilla, 1995; Aimers-Halliday et al., 1998; Hartmann et. al., 2002; Zalesny et al., 2004; Correa y Fett-Neto, 2004; Brondani et. al., 2012; Trueman et. al., 2013; De Almeida et. al., 2017.
Humedad	Bernado, 1994; Tormena et. al., 1999; Soares, 2001; Higashi et. al., 2004; Lopez, 2005; Wendling et. al., 2005; Tagiba et. al., 2007; Bueno et. al., 2008; Da Cunha et. al., 2009; Fernandes, 2011; De Almeida et. al., 2017
Sustrato	Verdonck et. al., 1983; Landis, 1990; Carneiro, 1995; Gonçalves y Poggiani, 1996; Brime et al., 2002; Wendling,

	<p>2002; Freitas et. al., 2006; Maeda et al., 2006a; Maeda et al., 2006b; Maeda et al., 2006c; Mathers et al., 2007; Rosa et al., 2009; Torres et. al., 2010; Silva et. al., 2012; Simon et. al., 2013; Xavier et. al., 2013; Da Silva et. al., 2014; Wendling, 2014; Salto et. al., 2016; Kratz et al., 2017; Wendling y Dutra, 2017; Senillani et.al., 2021.</p>
Reguladores de Crecimiento	<p>Fett Neto et al., 2001; Fogaça y Fett-Neto, 2005; Busov et. al., 2006; Peer y Murphy, 2007; Schwambach et al., 2008; Kilkenny et. al., 2012; Da Costa et. al., 2013; Simon et. al., 2013; Bellini et. al., 2014; Negishi et. al., 2014; Pacurar et. al., 2014; De Almeida et al., 2015; Guan et. al., 2015; Wendling et. al., 2015; Brunetti et al., 2018; Liu et. al., 2018; Vilasboa et. al., 2019;</p>
Estado Fitosanitario	<p>Peñuelas y Ocaña, 1996; Madriz, 2002; Howell, 2003; Sanchez et. al., 2004; Dirr y Heuser, 2006; Harman, 2006; Carvalho Filho et al., 2008; Lohmann et al., 2009; Sanabria, 2010; Harman, 2011; Arguedas-Gamboa y Cots-Ibiza, 2012; Solano-Jimenez et. al., 2015; Mora Aparicio, 2017; Acosta, 2018; Arguedas- Gamboa et. al., 2021</p>

Resultados y Discusión

De acuerdo al relevamiento y agrupamiento de trabajos científicos recopilados, internamente el enraizamiento estará condicionado por el grado de madurez de la planta madre y su estado nutricional, la posición del propágulo en la planta donadora, tipo de propágulo y condiciones fisiológicas (Menzies, 1992; Gutiérrez Caro y Ipinza Carmona, 1998; Assis et. al., 2004; Jain y Nakhoda, 2016). Por otro lado, factores exógenos como la aplicación de nutrientes, el sustrato elegido, la luz, la temperatura, la humedad, y el estado fitosanitario, pueden llegar a condicionar la producción clonal (MacRae y Reiss, 1997; Menzies, 1992, Gutiérrez Caro y Ipinza Carmona, 1998; Higashi et. al., 2000; Assis et. al., 2004; De Almeida et. al., 2017).

Madurez y posición de propágulos:

A medida que aumenta la maduración del material donante de esquejes, se espera una reducción en el porcentaje de enraizamiento (Aimers-Halliday et. al., 2003). En algunas especies leñosas, las estacas provenientes de plantas juveniles son fáciles de enraizar mientras que si las mismas plantas maduran, sus estacas enraízan esporádicamente o no enraízan (Zobel y Talabert, 1984; Wendling y Xavier, 2001). Dentro del género *Eucalyptus*, existe una gran variabilidad con respecto a la relación de maduración y capacidad de enraizamiento, así *E. viminalis* pierde dicha capacidad al cuarto año de crecimiento mientras *E. grandis* reduce sus probabilidades de enraizamiento luego de los quince años (Iritani e Soares, 1983; Hacket, 1987; Gomes, 1987, Wendling y Xavier, 2001). En cambio, en el género *Pinus*, la capacidad de enraizamiento de los propágulos se pierde año a año, como en el caso de *P. radiata* que cuenta con un 93% en los primeros dos años y luego ese porcentaje se reduce 61% y 8%, a los 4 y 17 años respectivamente (Iritani e Soares, 1983; Hacket, 1987; Gomes, 1987, Wendling y Xavier, 2001).

Además de la edad cronológica, se debe considerar que algunas funciones asociadas a la juvenilidad de las plantas leñosas maduras, se mantienen en las partes basales de las mismas (Wendling y Xavier, 2001; Wendling et al., 2015a). Sumado a ello, según Huang et.

al. (1990), los brotes laterales más alejados del tallo o rama central cuentan con menor grado de juvenilidad. Por lo tanto, la posición de donde se tomarán los esquejes es relevante para alcanzar un mayor enraizado (Wendling y Xavier, 2001). Según Bonga et. al. (1987) los esquejes de las ramas inferiores de las coníferas, especialmente las cercanas al tronco, cuentan con mayor juvenilidad que otras partes del árbol. Esto concuerda con lo encontrado por Roulund (1973) para *Picea abies*, donde el enraizamiento aumentaba en promedio un 2,5% a medida que se tomaban esquejes de los verticilos más bajos.

Una de las funciones que toma relevancia para el enraizamiento, es el contenido de auxinas disponibles. Para autores como Aumond et al. (2017) y Pizarro y Díaz-Sala, (2018); la edad de la planta madre es relevante con respecto a la disponibilidad de los reguladores de crecimiento, demostrando que a mayor edad de la misma se reduce la concentración de IAA endógeno y el porcentaje de enraizamiento.

Para Aimers-Halliday et. al. (2003), los métodos para mantener constante el estado juvenil en los sistemas de propagación vegetativa son fundamentales para el éxito de los sistemas forestales clonales. La elección de un material que reúna las características antes expresadas permitirá el éxito del proceso de propagación evitando pérdidas por bajo o defectuoso enraizamiento de las estacas (Wendling y Xavier, 2001). El uso de materiales juveniles o rejuvenecidos se traduce en mayor rapidez, calidad y porcentaje de enraizamiento como así también en la calidad de las plántulas obtenidas (Wendling y Xavier, 2001).

Para lograr los estados adecuados de maduración de las plantas bajo propagación clonal, en ciertos programas se aplican un mayor número de podas con la finalidad de aumentar el número de ramas juveniles (Bonga et. al., 1987), pudiendo ser estas podas seriadas o sucesivas (Zobel y Talabert, 1984; Hackett, 1987; Eldridge et al., 1994; Wendling et al., 2003; Wendling e Xavier., 2005a y b) o se modifican las condiciones ambientales (Wendling et. al., 2014). Sea cual sea la técnica aplicada y debido a la falta de mayor investigación sobre este tema en plantas leñosas, para Wendling et. al. (2014), no queda

claro si es una forma de mantener el verdadero rejuvenecimiento o al menos retrasar la maduración, obteniéndose un rejuvenecimiento parcial.

Nutrientes:

La nutrición mineral de las plantas madres y de las estacas es fundamental para la obtención de nuevos plantines (Assis et. al., 2004; De Almeida et. al., 2017). La adecuada combinación de macro y micronutrientes constituye un punto de inflexión para la obtención de nuevos individuos (Assis et. al., 2004; Osmont et. al., 2007; De Almeida et. al., 2017). De acuerdo a Da Cunha et. al. (2009), la combinación de nutrientes debe ser específica para cada especie y/o clon que se desea propagar. Además, la adecuada nutrición de las plantas madres es fundamental para el proceso de propagación, ya que se traduce en la cantidad de carbohidratos, reguladores de crecimiento y otros compuestos metabólicos necesarios para el enraizamiento.

Para Malavasi (1994), cualquier nutriente involucrado en el proceso de enraizamiento pasa a ser esencial en el proceso de propagación vegetativa. Esto quedó demostrado en el trabajo de Aimers-Halliday et al. (1998), donde se obtuvo un mayor número de estacas de plantas madres fertilizadas que de plantas madres carentes de nutrición mineral.

El nitrógeno juega un rol fundamental en el metabolismo vegetal y se puede utilizar diferentes fuentes minerales (Da Costa et. al., 2013; De Almeida et. al., 2017). Por un lado, es importante para la mantención de las plantas madres (Ribero et. al., 2007; Vasconcellos et. al. 2007). Según Ribero et. al. (2007) existe un incremento en la producción de biomasa vegetal de las plantas madres de *E. globulus* al aumentar de 50 a 200 mg L⁻¹ la concentración de nitrógeno, lo cual también fue demostrado en otros estudios donde la especie era propagada en contenedores o a campo. También los mismos autores detallaron que aumentar la concentración de dicho nutriente en la solución nutritiva se traduce en un aumento significativo de la cantidad de ramas laterales factibles de ser utilizadas como estacas (Rivero et. al., 2007).

Por su parte, Vasconcelos et. al. (2007) en su trabajo con *E. globulus* detalla que una nutrición adecuada de las plantas madres permite un mayor enraizamiento luego en las estacas. Esto coincide con lo expresado por Rivero et. al. (2007), donde el mayor porcentaje de estacas enraizadas de *E. globulus* provino de las plantas madres con una fertilización de 200 mg L⁻¹ de nitrógeno. A conclusiones similares llegaron Souza y Felker (1986), al verificar el porcentaje de enraizamiento de estacas de *Prosopis alba* con distintas dosis de nitrógeno.

Con respecto a la fertilización nitrogenada en las estacas que se encuentran enraizando, Rosa et. al. (2006) y Rosa et. al. (2009) demostraron que a medida que se aumentó la dosis de nitrógeno, se observó un efecto positivo del mismo sobre la generación de raíces. Aunque esto se contradice con lo expresado por otros autores donde en las primeras instancias de crecimiento radicular de las estacas, la deficiencia de nitrógeno puede favorecer el enraizamiento (Hartmann, 1997; Assis et. al., 2004; Da Cunha et. al., 2009).

El fósforo es esencial al momento del desarrollo radicular y esto quedó demostrado por Da Cunha et. al. (2009) al utilizar diferentes concentraciones de este nutriente en diferentes especies de *Eucalyptus* que crecían en condiciones controladas de invernadero.

Por su parte, el potasio no parece ser un nutriente limitante en el crecimiento y desarrollo de raíces de las estacas (Vasconcelos et. al., 2007; De Almeida et. al., 2017). Higashi (2000) y Da Cunha et.al., (2009) encontraron resultados semejantes para especies del género *Eucalyptus*, donde la concentración de potasio no afectaba de manera positiva ni negativa el desarrollo de los plantines.

Para Schwanbach et. al. (2005), el hierro no debe ser aplicado en grandes cantidades, ya que la reducción en la disponibilidad del mismo se tradujo en mayor número y longitud de raíces en estacas de *E. globulus*. Aunque su aplicación al momento de propagar al árbol del caucho (*Hevea brasiliensis*) ha tenido efectos positivos en el desarrollo radicular según Tinley (1961).

El calcio es importante en las primeras etapas de desarrollo de los nuevos plantines logrados por propagación vegetativa (Haissig, 1986; Bellamine et al., 1998; Assis et. al., 2004; Da Cunha et. al., 2009; De Almeida et. al., 2017). De acuerdo a un ensayo realizado en Aracruz Celulosa en Brasil, cuando el porcentaje de calcio en hoja caía por debajo del 0,7%, el enraizamiento de *Eucalyptus* sp. se reducía considerablemente (Assis et. al., 2004).

Al hablar de otros nutrientes, las situaciones son variadas. Por un lado el manganeso, al ser activador de enzimas oxidativas, suele ser inhibidor del crecimiento en grandes concentraciones (Assis et. al., 2004). De acuerdo a Da Cunha et. al. (2009); el magnesio no reporta efectos positivos ni negativos para los individuos vegetales que se encuentran enraizando.

Por otro lado, el boro y el zinc al estar involucrados en el metabolismo hormonal, son esenciales para el enraizamiento (Assis et. al., 2004). Según Da Cunha et. al. (2009) el zinc influencia de manera positiva el enraizamiento de las estacas en *Eucalyptus* sp. mientras que efectos semejantes han sido demostrados por Trindade y Pais, (1997) para *E. globulus*. El boro por su parte ha beneficiado el enraizamiento de clones de *Eucalyptus* sp., de acuerdo a lo obtenido por Da Cunha et. al. (2009). Al considerar las dosis posibles a ser utilizadas en el momento del desarrollo de nuevos plantines, Silveira et. al. (2004) determinaron que una dosis de boro de 20,8 mg L⁻¹ no afectó la supervivencia de plantas de *E. saligna* y *E. grandis*. También, se concluyó que la especie *E. saligna* presenta mayor sensibilidad por toxicidad que *E. grandis* (Silveira et. al., 2004).

La forma de incorporar los nutrientes a los diferentes sustratos es también relevante a la hora de propagar vegetativamente (Da Silva et. al., 2014). La eficiencia de la fertilización puede lograrse al usar productos de acción controlada, lo que reduce el trabajo del personal, la quema de las hojas, la volatilización del nitrógeno, lixiviación de nutrientes y la salinización del sustrato (Sharma, 1979; Da Silva et. al., 2014).

Para Da Silva et. al., 2014, es importante considerar la relación de los sustratos y los fertilizantes a utilizar. En su trabajo, la combinación de sustratos y mayores concentraciones de fertilizantes se tradujeron en mayor desarrollo radicular y del plantín en sí (Da Silva et. al., 2014). Según esta investigación, con valores de 2 kg/m³ de fertilizante N-P-K de 19-6-10 se han logrado plantines de *Eucalyptus* sp. de altura comercial deseada sin mayores problemas; esto se contrapone a lo planteado por Moraes- Netto et. al. (2003) donde fueron necesarias dosis mayores para plantines de *Guazuma ulmifolia*, *Croton floribundus*, *Peltophorum dubium*, *Gallesia integrifolia* y *Myroxylon peruiferum*.

Luz:

Para De Almeida et. al. (2017), la intensidad y calidad de los tratamientos lumínicos pueden afectar a las plantas madres y/o a las estacas en proceso de enraizamiento. Este factor puede influir en diferentes vías metabólicas involucradas durante el enraizamiento, lo que dará mayor o menor eficiencia en el proceso de propagación vegetativa (Assis et. al., 2004). La intensidad lumínica puede activar o inhibir la síntesis de sustancias fenólicas endógenas como así también de citoquininas, lo que puede afectar el enraizamiento (Assis et. al., 2004). Indirectamente la luz puede afectar la absorción de nutrientes o la producción de auxinas, porque puede alterar la apertura de estomas, la fotosíntesis y la transpiración (Assis et. al., 2004).

Según Hoad y Leakey (1996), la exposición a luz roja lejana de plantas madres de *E. grandis* promovió el desarrollo de raíces en estacas cuyos brotes contaban con bajo nivel de carbohidratos antes del corte. Resultados semejantes se observaron al tratar *E. globulus* con luz enriquecida en ausencia de auxinas exógenas (De Almeida et. al., 2017). Pero Ruedell et. al. (2013) informaron que no hubo diferencias en los tratamientos de *E. grandis* con diferentes calidades de luz. Por su parte, Assis et. al. (2004) sostienen que el fotoperiodo junto con la temperatura puede influir en la capacidad de enraizamiento de diferentes especies vegetales.

Como lo expresa De Almeida et. al. (2017), se requieren mayores investigaciones sobre el efecto de la luz en el enraizamiento de estacas porque puede llegar a ser una herramienta prometedora en la propagación vegetativa.

Temperatura:

La temperatura es un factor de relevancia tanto para las plantas madres como para el proceso de enraizamiento debido a su implicancia en el metabolismo y desarrollo vegetal (Trueman et. al., 2013; De Almeida et. al., 2017). Pero además este factor parece condicionar la eficiencia de otros, como ser la absorción de nutrientes y agua o la respuesta a las fitohormonas (De Almeida et. al., 2017).

Se ha demostrado que existen temperaturas máximas y mínimas que permiten una mayor producción de estacas (Trueman et. al., 2013). Las temperaturas a las que se exponen las plantas madres intervienen en el posterior enraizamiento, ya sea por la producción de brotes a utilizar o por el posterior enraizamiento de dichos brotes (Trueman et. al., 2013). Por un lado, Correa y Fett-Neto (2004) demostraron que si las plantas madres de *Eucalyptus* sp. se encuentran expuestas a temperaturas por encima de los 30°C, tanto las especies fáciles de enraizar como aquellas más difíciles, mejoran la densidad y longitud de raíces en los esquejes. A conclusiones semejantes arribaron Trueman et.al. (2013) para especies de *Corymbia* sp., cuyo enraizamiento en zonas subtropicales más suaves era dificultoso.

Tratar de lograr el enraizamiento con temperaturas por encima o debajo de los límites que cada especie tolera puede traducirse en problemas o falta de enraizamiento (Trueman et. al., 2013; De Almeida et. al., 2017). Las temperaturas muy elevadas pueden ocasionar mayores tasas de respiración y transpiración, agotamiento de las reservas y estimulación de yemas sin haber completado el enraizamiento (Hartmann et. al., 2002; Zalesny et al., 2004; De Almeida et. al., 2017).

Por otro lado, las temperaturas muy bajas pueden conducir a una tasa de ramificación más baja, reducción de la capacidad organogénica, menor tasa de enraizamiento y absorción más lenta o nula de nutrientes (Brondani et. al., 2012; De Almeida et. al., 2017). La exposición a bajas temperaturas por diferentes periodos de tiempos de clones de *E. benthamii* se tradujo en un menor volumen radicular (Brondani et. al., 2012). Para Assis et. al., 2004, las bajas temperaturas retrasan la absorción de calcio de *Eucalyptus* sp., lo que sería un problema para el desarrollo de plantines clonales durante los meses fríos en viveros comerciales.

Las estaciones elegidas para llevar a cabo el enraizamiento también son relevantes. Los meses más cálidos suelen ser más favorables que los del otoño e invierno (Aimers-Halliday et al., 1998; De Almeida et. al., 2017). En *P. taeda*, se obtuvieron mayores tasas de enraizamiento en verano y en primavera que en el resto del año (De Almeida et. al., 2017). Para Aimers-Halliday et al., (1998), las mismas estaciones tienen efecto semejante en *E. grandis*; aunque otros autores como Blake, (1983) y Hartney, (1980) detallaron otras especies de *Eucalyptus* sp. con buen desarrollo en los meses fríos.

Para Assis et.al. (2004) con la implementación de invernaderos, se pueden lograr las condiciones de temperatura y humedad deseadas durante todo el año. Como una innovación en las instalaciones, se han implementado las almohadillas térmicas o tuberías con circulación de agua caliente para aumentar la temperatura del sustrato en el cual se está realizando la propagación (De Almeida et. al., 2017). Según Hartmann et. al. (2002), el aumento de la temperatura del sustrato a 30° C favorece el enraizamiento de especies del género *Populus*. De todas maneras será importante corroborar que dichas condiciones no promuevan el crecimiento y desarrollo de hongos fitopatógenos (Soldevilla, 1995). Para Soldevilla (1995); las condiciones favorables de temperatura en el rango óptimo de los 20 y 30°C hacen que se desarrollen una gran diversidad de hongos, pudiendo ser estos saprofitos o patógenos.

Humedad:

Un balance hídrico adecuado es necesario para lograr mayores tasas de enraizamiento (Fernandes, 2011; De Almeida et. al., 2017). Mientras el exceso de agua reduce el crecimiento radicular por la falta de aireación, el déficit de la misma causa detención del crecimiento y desecación (Bueno et. al., 2008; Fernandes, 2011; De Almeida et. al., 2017). De aquí se desprende la necesidad de controlar la humedad relativa del aire y aquella que surge como resultado del riego (Bueno et. al., 2008).

El exceso de humedad en el sustrato conduce a mala aireación e intercambio gaseoso deficiente en las hojas de los esquejes bajo enraizamiento (Fernandes, 2011; De Almeida et. al., 2017). A ello se suma la posibilidad de enfermedades por encontrarse un ambiente propicio para el desarrollo de diferentes patógenos (Fernandes, 2011; De Almeida et. al., 2017). Estudios realizados por Da Cunha et. al. (2009) demostraron que frente a diferentes intensidades lumínicas, la disminución de humedad relativa se tradujo en mayor desarrollo radicular.

Los sistemas de irrigación tienen como principal función suministrar agua en las cantidades necesarias para que los cultivos que se están produciendo crezcan en óptimas condiciones (Bernado, 1994; Fernandes, 2011). Para Tormena et. al. (1999), el riego debe devolver al sustrato el agua que ha sido absorbida por el plantín mientras que se deberá regar todo el tiempo que sea necesario para alcanzar un valor mínimo que evite los síntomas de desecación o deshidratación en la planta. Por lo tanto es necesario considerar la evapotranspiración y la tensión del agua en el sustrato como mediciones útiles para poder determinar el riego adecuado (Soares, 2001; Fernandes, 2011).

Las diferentes especies de interés forestal cuentan con exigencias hídricas particulares, inclusive dentro de la misma especie como ocurre con el género *Eucalyptus* (Lopez, 2005; Tagiba et. al., 2007; Fernandes, 2011). Al propagarse vegetativamente, las estacas jóvenes carecen de sistema radicular y es recomendable mantener la humedad relativa cercana al 80% para evitar problemas de desecación (Bueno et. al., 2008). Fernandez

(2011); determinó que para la producción de eucalipto híbrido de *E. urophylla* S.T. Blake x *E. grandis* W. Hill ex Maiden se requieren de 1,46 milímetros diarios para producir adecuadamente estos plantines reduciendo las pérdidas de agua y nutrientes por lixiviación en condiciones de invernadero con temperaturas de 21,6 - 34,9 °C y humedad relativa del 68%. Este valor de lámina de agua es menor al especificado por Higashi et. al., (2004), donde en un vivero clonal de *Eucalyptus* sp. pueden llegar a utilizarse de 5 a 8 milímetros de agua por día; y por Wendling et. al. (2005) quienes han concluido que la especie *Erythrina falcata* requiere de 5 milímetros diarios de agua, valores alcanzados con condiciones ambientales específicas para cada tipo de especie bajo estudio.

Una vez superada la etapa de crecimiento radicular y desarrollo de las estacas, los valores de humedad del sustrato y del aire deben ir reduciéndose para adaptar a la planta a estados de estrés hídricos semejantes a lo que podría sufrir en condiciones normales a campo (Fernandes, 2011; De Almeida et. al., 2017).

Sustratos:

El material o mezclas de materiales utilizados para la contención de las plantas madres y de las estacas es relevante a la hora de plantearse la propagación vegetativa de una especie (Silva et. al., 2012; Da Silva et. al., 2014, Wendling y Dutra, 2017). Si bien no tiene un efecto directo sobre la iniciación del enraizamiento, si es fundamental al momento de la elongación y desarrollo de las raíces, supervivencia de la plántula y el éxito del trasplante (Carneiro, 1995; Gonçalves y Poggiani, 1996; Rosa et.al., 2009).

El sustrato ideal debe cumplir con las condiciones físicas y químicas necesarias para la planta, manteniendo en equilibrio la cantidad de aire, agua y nutrientes necesarios (Da Silva et. al., 2014; Wendling y Dutra, 2017). Dentro de estas condiciones, la relación agua-aire no puede alterarse durante el desarrollo de los nuevos plantines (Verdonck et. al., 1983; Da Silva et. al., 2014).

También resulta importante considerar la granulometría de las partículas que componen el sustrato, ya que ciertas partículas pueden formar barreras que impiden el desarrollo radicular o provocan daños en las raíces en formación, lo que afectará el proceso de establecimiento del nuevo plantín (Rosa et. al., 2009; Wendling y Dutra, 2017).

Debido al espacio brindado por los contenedores donde normalmente se lleva a cabo el enraizamiento, el sustrato a utilizar debe cumplir con ciertos parámetros que promuevan el crecimiento y desarrollo radicular (Salto et. al., 2016; Kratz et al., 2017). Para lograr óptimas condiciones se debe considerar características físicas, como porosidad total, y variables químicas como pH y conductividad eléctrica (Landis, 1990; Salto et. al., 2016; Kratz et al., 2017).

Para Landis, (1990); un parámetro como el pH debería mantenerse en el rango de 5,4 y 6,8 para permitir el enraizamiento mientras previene enfermedades. Por otro lado, según Torres et. al., (2010); el rango considerado como normal para la conductividad eléctrica se encuentra entre los valores de 760 y 1.250 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

Con respecto a la porosidad, se debe considerar la de retención de agua, la de aire y la total (Salto et. al., 2016; Senillani et. al., 2021). En relación a este último parámetro, es deseable contar con una porosidad total por encima del 50%, siendo un rango positivo de 60 a 80% (Mathers et al., 2007; Salto et. al., 2016; Senillani et.al., 2021). Por otro lado, se espera contar con una porosidad de aireación de 10 a 30% (Landis, 1990; Mathers et al., 2007; Salto et. al., 2016; Senillani et. al., 2021).

Es posible utilizar fuentes minerales u orgánicas como sustratos vegetales o bien combinar de ambos tipos de fuentes y lograr una nueva mezcla a implementar (Da Silva et. al., 2014; Wendling y Dutra, 2017). Si de sustratos puros se trata, Rosa et. al. (2009) proponen no utilizar únicamente vermiculita como sustrato, por considerar que favorece un drenaje excesivo, el cual se traduce en un menor crecimiento y desarrollo del plantín. Por su parte

Freitas et. al. (2006) proponen al bagazo de la caña de azúcar como un sustrato prometedor ya que consideran que acelera el desarrollo de los plantines.

Respecto a mezclar diferentes fuentes de sustrato, Silva et. al. (2012) ha propuesto a la fibra de coco, la paja de arroz carbonizada y la vermiculita como potenciales sustratos para el desarrollo de esquejes de *E. urophylla* x *E. grandis*, encontrando que los sustratos logrados con diferentes proporciones de estos materiales con mayor retención de agua, resultaron en mayor desarrollo de varios parámetros fisiológicos de las plantas. Mientras Rosa et. al. (2009) determinaron que la mezcla de corteza de pino compostada junto con cáscara de arroz carbonizada y vermiculita en iguales proporciones fue efectiva en el enraizamiento de estacas de *E. dunnii*. La corteza de pino ha sido utilizada también como parte de la mezcla de sustrato por Brime et al. (2002); donde se concluyó que este material junto con aserrín y sustrato comercial no fue beneficioso para el enraizamiento de estacas de *E. benthamii*.

Para Wendling y Dutra (2017), es importante considerar los subproductos o residuos de otras producciones como potenciales sustratos, ya que a los estándares de calidad de las plántulas obtenidas en vivero; se deben sumar los factores económicos. Agostini et al. (2005) evaluaron como sustratos para la producción de *E. badjensis* al resultado del compostaje de aserrín, malta, celulosa, estiércol de cabra y corteza de pino en diferentes proporciones; encontrando que los mismos se diferenciaban en valores de agua disponible y porosidad. Maeda et al. (2006a, 2006b, 2006c) evaluaron sustratos semejantes con diferentes formas de fertilizaciones, determinando que hay algunas de estas combinaciones que requieren de fertilizaciones de base para la propagación vegetativa, mientras que en otros casos es posible fertilizar una vez iniciado el proceso de enraizamiento.

Wendling y Dutra (2017) consideraron que más allá del sustrato elegido para la producción de estacas, se debe prestar mayor atención a la forma de agregación del mismo junto a las raíces desarrolladas por los nuevos plantines, para facilitar su traslado y plantación a campo.

Reguladores de crecimiento:

Para Da Costa et. al. (2013) son varios los reguladores de crecimiento involucrados en el proceso de enraizamiento, como ser auxinas, etileno, giberelinas, entre otros; pero como lo comenta Vilasboa et. al. (2019), no se ha estudiado en profundidad la función de los mismos en especies forestales.

Las auxinas provocan una fuerte inducción en la formación de raíces adventicias, siendo relevantes el ácido indol-3-acético (IAA) y el ácido indol-3-butírico (IBA) de forma endógena, y el ácido 1-naftalenacético (NAA) de forma sintética (Xavier et. al., 2009; Simon et. al., 2013; Xavier et. al., 2013; Wendling, 2014; Vilasboa et. al., 2019). Se ha demostrado que la incorporación de las auxinas, facilita el enraizamiento en especies recalcitrantes mientras que las mismas aumentan en las especies de fácil enraizamiento (Fett Neto et al., 2001; Wendling et al., 2014; De Almeida et al., 2015; Vilasboa et. al., 2019).

La especie forestal bajo estudio, junto con el tipo de auxina y concentración, puede dar diferentes resultados (Vilasboa et. al., 2019). Fogaça y Fett-Neto (2005) demostraron que al exponer los esquejes de *E. saligna* y *E. grandis* a IBA, IAA y NAA obtuvieron mejor desarrollo radicular que el testigo sin hormona y también fue útil para superar la recalcitrancia al enraizamiento de *E. globulus*. Por su parte, Wendling (2002) concluyó que concentraciones cercanas a los 2.000 mg L⁻¹ de IBA, dieron como resultado mayor número de estacas enraizadas en especies difíciles de enraizar de clones de *Eucalyptus sp.*

Otra de las hormonas involucradas en el proceso de enraizamiento son las citoquininas, donde sus interacciones con las auxinas son importantes en el establecimiento de nuevas raíces (Vilasboa et. al., 2019). Si bien la mayoría de los trabajos se realizaron en procesos *in vitro*, se ha demostrado que la inhibición o promoción radicular depende del genotipo vegetal como así también de la concentración y tipo de hormona (Vilasboa et. al., 2019).

Según Bellini et. al. (2014), el ácido abscísico está ampliamente reconocido como inhibidor de enraizamiento. Esto concuerda con lo demostrado por Negishi et. al., (2014) para *E. globulus*, donde los niveles más altos de esta hormona se relacionan con su incapacidad para la formación de nuevas raíces. Sin embargo, no se pudo determinar la relación entre la concentración de esta hormona y la falta de enraizamiento en especies de *Corymbia* sp. (Wendling et. al., 2015; Vilasboa et. al., 2019).

Con respecto al etileno, tal cual lo expresa Vilasboa et. al. (2019), se debe seguir profundizando en su accionar a la hora del enraizamiento ya que se cree que su funcionalidad puede estar acotada a ciertas fases en la formación de raíces y no, a todo el proceso (Da Costa et. al., 2013; Pacurar et. al., 2014; Vilasboa et. al., 2019). Para Kilkenny et. al. (2012), el uso de inhibidores de la síntesis del etileno o de su expresión en individuos de las especies *Corymbia* sp. y *Eucalyptus* sp. aumentó el desarrollo radicular. Por otro lado, y tal como lo expresaran Guan et. al., (2015), el etileno no solo podría tener influencia directa sobre el enraizamiento; sino también indirectamente al estar involucrado en la síntesis de auxinas.

Las giberelinas parecen tener un efecto negativo sobre el enraizamiento de especies forestales (Vilasboa et. al., 2019). Según Busov et. al. (2006); el tratamiento de individuos de *Populus* sp. con un tipo de giberelina biológicamente activa resultó en un menor número de plantas enraizadas. Mientras que el agregado de un inhibidor de esta hormona en *E. grandis*, provocó un mayor porcentaje de enraizamiento (Liu et. al., 2018; Vilasboa et. al., 2019).

Por su parte, los flavonoides toman relevancia en el enraizamiento de esquejes debido a estar involucrados en el transporte de auxinas (Peer y Murphy, 2007; Brunetti et al., 2018; Vilasboa et. al., 2019). Otros roles en los cuales se encuentran involucrados, son en la señalización de otras fitohormonas (Brunetti et. al., 2018) y la protección frente a heridas (De Almeida et. al., 2017). Según Schwambach et al. (2008) los miniesquejes de *E. globulus* x *E. maidenii* aumentaron su concentración de flavonoides en los días posteriores al corte, lo que estaría relacionado al efecto protector de estas hormonas.

Estado Fitosanitario:

El control sanitario en viveros o áreas de producción clonal, es fundamental al momento del enraizamiento (Sanchez et. al., 2004). Según Peñuelas y Ocaña (1996), la mayoría de las plantas mueren a causa de enfermedades fúngicas como ser damping-off. Según Sanchez et. al. (2004), el patógeno *Phytophthora* spp. ha sido el causante de la podredumbre radical de *Quercus* sp. en viveros forestales españoles. Por otro lado, Arguedas-Gamboa y Cots-Ibiza (2012), demostraron que la “antracnosis” (*Colletotrichum* spp.) afecta de forma negativa la producción de especies como *Araucaria* sp., *E. cinerea* y *E. deglupta*.

Muchos de los problemas fitosanitarios diagnosticados se pueden atribuir a un mal manejo de los recursos y las instalaciones (Acosta, 2018; Arguedas- Gamboa et. al., 2021). La utilización de sustratos contaminados y regímenes de riego excesivos o fuera de los momentos del día recomendados, conllevan a condiciones de estrés de las plantas y altos niveles de humedad relativa en el ambiente y en los sustratos de producción; predisponiendo al sistema de propagación a diferentes enfermedades (Soldevilla, 1995; Arguedas- Gamboa et. al., 2021). La utilización de tratamientos químicos sanitarios de herramientas y sustratos, el empleo de agua descontaminada, la aplicación de bactericidas y fungicidas preventivos, son algunas acciones preventivas útiles para el buen funcionamiento de un vivero forestal clonal (Dirr y Heuser, 2006, Mora Aparicio, 2017; Acosta, 2018).

El control de patógenos fúngicos puede ser químico o biológico (Madriz, 2002; Mora Aparicio, 2017). De la misma manera, existen bactericidas para el control de estos organismos procariontes (Sanabria, 2010; Mora Aparicio, 2017). El carbendazim, estreptomycin y terramicina son productos químicos fitopatógenos utilizados para el control de enfermedades vegetales (Mora Aparicio, 2017).

El control biológico se basa en el uso de microorganismos antagónicos que evitan el desarrollo de enfermedades en las plantas. Las bacterias *Bacillus* y *Pseudomonas* como los

hongos *Gliocladium* y *Trichoderma* están siendo utilizadas para este tipo de control de patógenos de suelo y de plantas (Carvalho Filho et al., 2008; Lohmann et al., 2009; Mora Aparicio, 2017). El género *Trichoderma* es ampliamente estudiado por su acción de micoparasitismo y antibiosis como así también su acción promotora del desarrollo radicular (Howell, 2003; Harman, 2006; Harman, 2011; Solano-Jimenez et. al., 2015). Solano Jimenez et. al. (2015) determinaron un mayor desarrollo radicular asociado al proceso micorrizógeno de dos aislaciones de *Trichoderma* sp. con *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm. La utilización de dicha especie fúngica permitiría considerarla una opción en la acción preventiva para el manejo de enfermedades fúngicas en los viveros forestales. A resultados similares se refirió Mora Aparicio, (2017); al encontrar que las estacas de *Swietenia macrophylla* tratadas con *T. asperellum* mejoraron su crecimiento y desarrollo vegetal, y sufrieron menor mortalidad.

Conclusiones:

- Se relevaron diferentes producciones científicas, encontrándose más de 50 trabajos de investigación que abordan la propagación vegetativa de interés forestal regional y de Argentina y los factores que pueden influenciarla.
- Se recomienda profundizar acerca de los beneficios del estado de juvenilidad o retraso de maduración de los recursos forestales de interés. Se considera de utilidad la incorporación de herramientas biotecnológicas y ómicas en el área forestal para brindar mayor claridad sobre este aspecto.
- Se debería tener mayor consideración sobre los efectos de los micronutrientes en la propagación vegetativa. Sumado a ello, dado los avances en otras especies vegetales, es necesario iniciar estudios relacionados al uso de bioinsumos en la propagación vegetativa de especies de interés forestal como así también, ampliar el conocimiento sobre el uso de organismos benéficos y biocontroladores fúngicos y/o bactericidas para mejorar el manejo sanitario.
- Se propone contar con más investigaciones sobre cómo la luz puede llegar a influenciar positivamente en el enraizamiento.

- Se debería examinar la implementación de invernaderos para la regulación de la temperatura y el debido control sanitario.
- Se considera relevante contar con un mayor número de producciones científicas regionales o locales que utilicen sustratos, subproductos industriales o recursos disponibles en las zonas cercanas a viveros dedicados a la propagación vegetativa.
- El cumplimiento del objetivo de este trabajo ha permitido conocer y recopilar información relevante para la implementación de propagación vegetativa de diferentes especies de interés forestal regional y de Argentina.

Bibliografía:

Acosta, N.R. 2018. "Identificación de enfermedades en las especies forestales producidas en la Unidad de Vivero Forestal de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales", Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata.

Assis, T. F., Fett Neto, A.G., Couto Alfenas, C. 2004. Current techniques and prospects for the clonal propagation of hardwoods with emphasis on *Eucalyptus*. *Plantation Forest Biotechnology for the 21st Century*: 303-333 ISBN: 81-7736-228-3

Aimers-Halliday J., Menzies M. I., Faulds T., Holden D. G., Low C. B., Dibley M. J. 2003. Nursery systems to control maturation in *Pinus radiata* cuttings, comparing hedging and serial propagation. *N Z J For Sci* 33:135–155.

Arguedas-Gamboa, M., & Cots-Ibiza, J. 2012. La "antracnosis" (*Colletotrichum spp.*) en viveros forestales. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 9(22), pág. 60–62. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v9i22.364>

Arguedas Gamboa, M.; Rodríguez-Solís, M.; Cots Ibiza, J.; Martínez Araya, A. 2021. Inventario de plagas y enfermedades en viveros forestales en Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 18(42), 17-29. <https://dx.doi.org/10.18845/rfmk.v16i42.5543>

Aumond, M.L., de Araujo, A.T., Junkes, C.F.O., De Almeida, M.R., Matsuura, H.N., De Costa, F., Fett-Neto, A.G. 2017. Events associated with early age-related decline in adventitious rooting competence of *Eucalyptus globulus* Labill. *Front. Plant Sci.* 8, 1e10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01734>.

Bellamine, J.; Penel, C.; Greppin, H.; Gaspar, T. 1998. Confirmation of the role of auxin and calcium in the late phases of adventitious root formation. *Plant Growth Regul* 26:191–194. doi:10.1023/A: 1006182801823

Bellini, C.; Pacurar, D.I.; Perrone, I. 2014. Adventitious roots and lateral roots: similarities and differences. *Annu. Rev. Plant Biol.* 65, 639e666. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050213-035645>

Bernardo, S. 1994. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. In: Conferência Sobre Agricultura e Meio Ambiente, 1992, Viçosa. Anais... Viçosa: Núcleo de Estudos e Pesquisas em Meio Ambiente, p.93-100.

BLAKE, T.J. 1983. Coppice systems for short-rotation intensive forestry: The influences of cultural, seasonal and plant factors. *Australian Forest Research* 13: 279-291.

Bonga, J.M. 1982. Plant propagation in relation to juvenility, maturity, and rejuvenation. In: Bonga, J.L.; Durzan, D.J., ed. *Tissue culture in forestry*. Dordrecht: Nijhoff. p.387-412.

Bonga J. C. 1987. Clonal propagation of mature trees: problems and possible solutions. In: Bonga JM, Durzan DJ (eds) *Cell and tissue culture in forestry, general principles and biotechnology*. Martinus Nijhoff, Dordrecht, pp 249–271

Brime, P. S.; Medrado, R. D.; Bona, A. M.; Ferrari, M. P.; Urio, C. R. 2002. Influência de diferentes substratos no desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus benthamii*. In: Evento De Iniciação Científica Da Embrapa Florestas, 1. Colombo. Anais [...]. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. (Embrapa Florestas. Documentos, 70). Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/307289>.

Brondani, G.B.; Baccarin, F.J.B.; Bergonci, T.; Gonçalves, A.N.; Almeida, M. 2014. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii*: efeito do genótipo, AIB, zinco, boro e coletas de brotações. *Cerne* 20, 147 ~ e156. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602014000100018>.

Brunetti, C.; Fini, A.; Sebastiani, F.; Gori, A.; Tattini, M. 2018. Modulation of phytohormone signaling: a primary function of flavonoids in plant-environment interactions. *Front. Plant Sci.* 9, 1e8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01042>

Bueno G. P. y Xavier, A. 2008. Efeito do tempo de armazenamento de minestacas no enraizamento de clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*. Revista Árvore, 32(4), 671–677. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000400008>

Busov, V.; Meilan, R.; Pearce, D.W.; Rood, S.B.; Ma, C.; Tschaplinski, T.J.; Strauss, S.H. 2006. Transgenic modification of *gai* or *rgl1* causes dwarfing and alters gibberellins, root growth, and metabolite profiles in *Populus*. *Planta* 224, 288e299. <https://doi.org/10.1007/s00425-005-0213-9>.

Campinhos, E. 1987. Propagación vegetativa de *Eucalyptus spp.* por enraizamiento de estacas. In: Simposio sobre Silvicultura y Mejoramiento Genético de Especies Forestales, Buenos Aires, 1987. Anais. Buenos Aires: CIEF. v.1, p.208- 214.

Carneiro, J. G. A. Produção e controle de qualidade de mudas florestais. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451p.

Carvalho Filho, M. R.; Mello, S. C. M. De; Santos, R. P. Dos; Menêzes, J. E. 2008. Avaliação de isolados de *Trichoderma* na promoção de crescimento, produção de ácido indolacético in vitro e colonização endofítica de mudas de eucalipto. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. 16 p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 226).

Correa, L.R.; Fett-Neto, A.G. 2004. Effects of temperature on adventitious root development in microcuttings of *Eucalyptus saligna* Smith and *Eucalyptus globulus* Labill. *J Therm Biol* 29:315–324. doi:10.1016/j.jtherbio.2004.05.006

Da Costa, C.T.; De Almeida, M.R.; Ruedell, C.M.; Schwambach, J.; Maraschin, F.S.; Fett Neto, A.G. 2013. When stress and development go hand in hand: main hormonal controls of adventitious rooting in cuttings. *Front. Plant Sci.* 4, 1e19. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00133>.

Da Cunha, A. C. M.; de Paiva, H. N.; de Barros, N. F.; Leite, H. G.; Palha Leite, F. P. 2009. Relação do estado nutricional de mini cepas com o enraizamento de miniestacas de eucalipto. *Rev Bras Ci Solo* 33:591–599. doi:10.1590/S0100-06832009000300012

Da Silva, R. B. G.; Silva, M. R. y Simões, D. 2014. Substrates and controlled-release fertilizations on the quality of *eucalyptus* cuttings. *Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental*, 18(11), 1124–1129. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n11p1124-1129>

Delwaulle, J.C.; Laplace, Y.; Quillet, G. 1983. Production massive de boutures de *Eucalyptus* en République Populaire du Congo. *Silvicultura*, v.8, n.32, p.779-81.

De Almeida, M.R.; Aumond, M.; Da Costa, C.T.; Schwambach, J.; Ruedell, C.M.; Correa, L.R.; Fett-Neto, A.G. 2017. Environmental control of adventitious rooting in *Eucalyptus* and *Populus* cuttings. *Trees Struct. Funct.* 31, 1377e1390. <https://doi.org/10.1007/s00468-017-1550-6>.

Dirr, M.A.; Heuser, C.W. 2006. *The Reference Manual of Woody Plant Propagation*. 2nd. Timber Press. Portland.

Eldridge, K.; Davidson, J.; Hardwiid, C.; Vanwyk, G. 1994. *Eucalypt domestication and breeding*. Oxford: Clarendon Press, p. 228-246.

Eliyahu, A.; Duman, Z.; Sherf, S.; Genin, O.; Cinnamon, Y.; Abu-Abied, M.; Weinstain, R.; Dag, A.; y Sadot, E. 2020. Vegetative propagation of elite *Eucalyptus* clones as food source for honeybees (*Apis mellifera*); adventitious roots versus callus formation. *Israel Journal of Plant Sciences*, 67(1-2), 83-97. <https://doi.org/10.1163/22238980-20191112>

FAO. 1999. *State of the World's Forests*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 146 pp.

Fernandes, Sula Janaína de Oliveira. 2011. Influência de lâminas de irrigação no minijardim clonal na produção de mudas de eucalipto, 2011. 68 p. (Dissertação - Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina.

Fett-Neto, A.G.; Fett, J.; Goulart, L.W.V.; Pasquali, G.; Termignoni, P.R.; Ferreira, A.G. 2001. Distinct effects of auxin and light on adventitious root development in *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus globulus*. *Tree Physiol.* 21, 457e464. <https://doi.org/10.1093/treephys/21.7.457>.

Fogaça, C.M.; Fett-Neto, A.G.; 2005. Role of auxin and its modulators in the adventitious rooting of *Eucalyptus* species differing in recalcitrance. *Plant Growth Regul.* 45, 1e10. <https://doi.org/10.1007/s10725-004-6547-7>.

Francllet, A. 1985. Rejuvenation: theory and practical experiences in clonal silviculture. In *Clonal forestry: its impact on tree improvement and our future forests, proceedings*. Toronto, p.96-134.

Gomes, A. L. 1987. Propagação clonal: princípios e particularidades. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 1987. 69 p. (Série Didática, Ciências Aplicadas, 1).

Gonçalves, J. L. M.; Poggiani, F. 1996. Substrates for seedling production. In: Congresso Latino Americano de Ciência do Solo, 13. Águas de Lindóia. Proceedings. Águas de Lindóia: USP ESALQ/SBCS/CEA/SLACS/SBM.

Guan, L.; Murphy, A.S.; Peer, W.A.; Gan, L.; Li, Y.; Cheng, Z.M. 2015. Physiological and molecular regulation of adventitious root formation. *Max Crit. Rev. Plant Sci.* 34, 506e521. <https://doi.org/10.1080/07352689.2015.1090831>.

Gutiérrez Caro, B.; Ipinza Carmona, R. 1999. Curso Mejora Genética Forestal Operativa. Cap 13. Artes Gráficas y Centenario LTDA. Valdivia - Chile. Número ISBN: 956-288-072-9.

Hackett, W. P. 1987. Donor plant maturation and adventitious root formation. In: Davies, T. D., Haissig, B. E., Sankhla, N. Adventitious root formation in cuttings. Portland: Dioscorides Press, p. 11-28 (Advances in Plant Sciences Series, 2).

Haissig, B.E. Metabolic processes in adventitious rooting of cuttings. In: JACKSON, M.B. New root formation in plants and cuttings. Dordrecht, Martinus Nijhoff, 1986. p.141-189.

Harman, G. E. 2006. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. Phytopathology, 96, 190-194.

Harman, G. E. 2011. *Trichoderma*, not just for biocontrol anymore. Phytoparasitica, 39 ,103-108.

Hartmann, H. T.; Kester, D. E.; Davies, F. T.; Geneve, R. L. 2002. Plant propagation: principles and practices. 7. ed. New Jersey: Prentice-Hall. 880 p.

Hartney, V.J. 1980: Vegetative propagation of the eucalypts. Australian Forest Research 10: 191— 211.

Howell, C. R. 2003. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. Plant Disease, 87 (1), 4-10.

Hartmann, H. T.; Kester, D. E.; Davies Junior, F. T.; Geneve, R. L. 1997. Plant propagation: principles and practices. 6 ed. New Jersey: Prentice-Hall, 770 p.

Higashi, E.N.; Vaz de Arruda Silveira, R.L., Gonçalves, A.N. 2000. Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e a sua evolução no Brasil. Circular Técnica IPEF n. 192.

Higashi, E.N.; Vaz de Arruda Silveira, R.L.; Gonçalves, A.N. 2000. Evolução do Jardim Clonal de Eucalipto para a Produção de Mudanças. IPEF n. 148.

Higashi, E. N.; Silveira, R. L. A. 2004. Fertirrigação em viveiros de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: Fertirrigação: teoria e prática. Boaretto, A. E.; Villas Boas, R. L.; Souza, W. F. Parra, L. R. V. (Eds.) Piracicaba, v.1, p.677-725.

Hoad, S.P.; Leakey, R.R.B. 1996. Effects of pre-severance light quality on the vegetative propagation of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden—cutting morphology, gas exchange and carbohydrate status during rooting. *Trees Struct Funct* 10:317–324. doi:10. 1007/BF02340778

Huang, L.; Chiu, D.; Murashige, T.; Gundy, R.; Mahdi, E. L. F. M.; Nagai, K.; Pliego-Alfarro, F. 1990. Rejuvenation of trees and other perennials for restoration of plant regeneration competence. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S. Técnicas e aplicações da cultura de tecidos de plantas. Brasília, DF: ABCTP/Embrapa-CNPQ.

Iritani, C.; Soares, R. V. Indução do enraizamento de estacas de *Araucária angustifolia* através da aplicação de reguladores de crescimento. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1982, Belo Horizonte. Anais...Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1983. p.313-317

Jain, S. y Nakhooda, M. 2016. A review of *eucalyptus* propagation and conservation. *Propagation Of Ornamental Plants*. 16. 101-119.

Kilkenny, A.J.; Wallace, H.M.; Walton, D.A.; Adkins, M.F.; Trueman, S.J. 2012. Improved root formation in eucalypt cuttings following combined auxin and anti-ethylene treatments. *J. Plant Sci*. 7, 138e153. <https://doi.org/10.3923/jps.2012.138.153>.

Kratz, D.; Nogueira, A. C.; Wendling, I.; Mellek, J. E. 2017. Physic-chemical properties and substrate formulation for *Eucalyptus* seedlings production. *Scientia Forestalis*, v. 45, n. 113, p. 63-76. DOI: <https://doi.org/10.18671/scifor.v45n113.06>.

Landis, T. D. 1990. Contenedores y medios de crecimiento. In Landis TD, RW Tinus, SE McDonald, JP Barnett eds. Manual de viveros para la producción de especies forestales en

contenedor. Agric. Handbook. Washington DC, USA. Department of Agriculture, Forest Service. p. 1-89.

Libby, W.J.; Jund, E. 1962. Variance associated with cloning. *Heredity*, v.17, p.533-540.

Liu, Q.Y.; Guo, G.S.; Qiu, Z.F.; Li, X.D.; Zeng, B.S.; Fan, C.J. 2018. Exogenous GA3 application altered morphology, anatomic and transcriptional regulatory networks of hormones in *Eucalyptus grandis*. *Protoplasma* 255, 1107e1119. [https:// doi.org/10.1007/s00709-018-1218-0](https://doi.org/10.1007/s00709-018-1218-0).

Lohmann, T. R.; Mesquita Filho, J. De; Paulino, B. V.; Yamamoto, S.; Lopes, R. B.; Fonseca, E. D. Da; Mascarin, G. M. 2009 Efeito da aplicação de *Trichoderma harzianum* na supressão de doenças e no desenvolvimento de mudas de eucalipto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 6.; CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE AGROECOLOGIA, 2., 2009, Curitiba. Anais: agricultura familiar e camponesa: experiências passadas e presentes construindo um futuro sustentável Curitiba: ABA: SOCLA. p. 1478-1482.

Lopes, J. L. W.; Guerrini, I. A.; Saad, J. C. C.; Silva, M. R. 2005. Efeitos da irrigação na sobrevivência, transpiração e no teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos. *Scientia forestalis*, n.68, p.97-106.

MacRae S. y Reiss J. 1997. Seasonality effect on the propagation of *Eucalyptus globulus* by stem cuttings. IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of Eucalyptus v2: Biotechnology applied to genetic improvement of tree species. Salvador, Brazil, August 24-29, 1997. pp. 172-177

Madriz, K. 2002. Mecanismos de defensa en las interacciones planta-patógeno. Manejo Integrado de Plagas. no.63:22-32. Consultado 5 set. 2013. Disponible en <http://web.catie.ac.cr/informacion/Rmip/rev63/pag22-32.pdf>

Maeda, S.; Andrade, G. De C.; Ferreira, C. A.; Silva, H. D. Da; Agostini R. B. 2006a. Avaliação de substratos para produção de mudas de *Eucalyptus badjensis* obtidos da compostagem de resíduos das indústrias madeireira e cervejeira e da caprinocultura. In: Reunião Brasileira De Fertilidade Do Solo E Nutrição De Plantas, 27.; Reunião Brasileira Sobre Micorrizas, 11.; Simpósio Brasileiro De Microbiologia Do Solo, 9.; Reunião Brasileira De Biologia Do Solo, 6., 2006, Bonito, MS. A busca das raízes: anais. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 4 p.

Maeda, S.; Andrade, G. De C.; Ferreira, C. A.; Silva, H. D. Da; Agostini, R. B. 2006b. Resíduos industriais e dejetos da caprinocultura como componentes de substratos para produção de mudas de *Eucalyptus badjensis*. Boletim de Pesquisa Florestal, n. 53, p. 3-20.

Maeda, S.; Andrade, G. De C.; Ferreira, C. A.; Silva, H. D. Da; Agostini, R. B. 2006c. Substratos alternativos para produção de mudas de *Eucalyptus badjensis*, obtidos a partir de resíduos das indústrias madeireira e cervejeira e da caprinocultura. Colombo: Embrapa Florestas, 5 p.

MALAVASI, U.C. Macropropagação vegetativa de coníferas – perspectivas biológicas e operacionais. Flor. Amb., 1:131- 135, 1994.

Mathers, H.M.; Lowe, S.B.; Scagel, C.; Struve, D.K.; Case, L.T. 2007. Abiotic factors influencing root growth of woody nursery plants in containers. HortTechnology 17: 151–162.

Menzies, M. 1992. Management of stock plants for the production of cutting material. Mass Production technology for genetically improved fast growing forest tree species. Actes Proceeding of IUFRO Symposium, Bordeaux. France. pp. 257-270.

Mora-Aparicio, H. 2017. Efecto de diferentes tratamientos sobre la propagación vegetativa de clones superiores de caoba (*Swietenia macrophylla* king) en condiciones de invernadero (Tesis de Licenciatura en Ciencias Forestales). Universidad Nacional de Costa Rica.

Moraes Neto, S.P.; Gonçalves, J.L.; Arthur, J. C.; Ducatti, F.; Aguirre, J.H. Fertilização de mudas de espécies arbóreas nativas e exóticas. *Rev Árvore* [Internet]. 2003Mar;27(2):129–37. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000200002>

Negishi, N.; Nakahama, K.; Urata, N., Kojima, M.; Sakakibara, H.; y Kawaoka, A. 2014. Hormone level analysis on adventitious root formation in *Eucalyptus globulus*. *New forest*. 45(4): 577–587.

Osmont, K. S.; Sibout, R.; Hardtke, C. S. 2007. Hidden branches: developments in root system architecture. *Annu. Rev. Plant. Biol.* 58, 93–113.

Pacurar, D.I.; Perrone, I.; Bellini, C. 2014. Auxin is a central player in the hormone cross-talks that control adventitious rooting. *Physiol. Plantarum* 151, 83e96. <https://doi.org/10.1111/ppl.12171>

Peer, W.A.; Murphy, A.S. 2007. Flavonoids and auxin transport: modulators or regulators? *Trends Plant Sci.* 12, 556e563. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2007.10.003>.

Peñuelas, R.; Ocaña, J.L. 1996. *Cultivo de plantas forestales en contenedor*. 2a. ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 190 p.

Pizarro, A.; Díaz-Sala, C. 2018. Cellular dynamics during maturation-related decline of adventitious root formation in forest tree species. *Physiol. Plantarum* 0e1. <https://doi.org/10.1111/ppl.12768>.

Quispe Santos, A. 2016. Validación de la Guía Metodológica para la Producción Clonal de Eucalipto. PIPEI-8-P-332-418-14.

Rezende, J. B.; Pereira, J. R.; Botelho, D. 2013. Expansão da cultura do eucalipto nos municípios mineiros e gestão territorial. *CERNE*, 19(1), 1–7. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602013000100001>

Ribeiro, H. M.; Vasconcelos, E.; Ramos, A.; Coutinho, J. 2007. O comportamento de pés-mãe de *Eucalyptus globulus* Labill. sujeitos a diferentes níveis de azoto e potássio. Revista de Ciências Agrárias. ISSN 0871-018X. 30:2: 87-97.

Rosa, L. S. 2006. Adubação nitrogenada e substratos na miniestaquia de *Eucalyptus dunnii* Maiden. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Rosa, L.; Wendling, I.; Grossi, F.; Reissmann, C.B. 2009. Efeito da Dose de Nitrogênio e de Formulações de Substratos na Miniestaquia de *Eucalyptus dunnii* Maiden. R. Árvore, Viçosa-MG, v.33, n.6, p.1025-1035.

Roulund, H. 1973. The effect of cyclophysis and topophysis on the rooting ability of Norway spruce cuttings. For Tree Improv 5: 21–41.

Ruedell, C.M.; De Almeida, M.R.; Schwambach, J.; Posenato, C.F.; Fett-Neto, A.G. 2013. Pre and post-severance effects of light quality on carbohydrate dynamics and microcutting adventitious rooting of two *Eucalyptus* species of contrasting recalcitrance. Plant Growth Regul. 69, 235e245. <https://doi.org/10.1007/s10725-012-9766-3>.

Salto, C.; Harrand, L.; Oberschelp, G.; Ewens, M. 2016. Crecimiento de plantines de *Prosopis alba* en diferentes sustratos, contenedores y condiciones de vivero. Bosque 37 (3):527-537, DOI: 10.4067/S0717-92002016000300010.

Sanabria, N. 2010. Control de enfermedades. Maracay, VE. Cátedra de fitopatología (Universidad Central de Venezuela). (Material audiovisual).

Sánchez, M. E; Andicoberry, S.; Trapero, A. 2004. Patogenicidad de *Phytophthora* spp. causantes de podredumbre radical de *Quercus ilex* ssp. *ballota* en viveros forestales. Bol. San. Veg. Plagas 30, 385–401.

Santos, M. C.; Roveda, M.; Zanon, M. L. B.; Figueiredo, A.; Roik, M.; Pacheco, J. M.; Scavinski, V. 2017. Inventário Florestal Utilizando Técnicas de Silvicultura de Precisão em Povoamentos de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. *Floresta E Ambiente*, 24. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.082714>

Schwambach, J.; Fadanelli, C.; Fett-Neto, A.G. 2005. Mineral nutrition and adventitious rooting in microcuttings of *Eucalyptus globulus*. *Tree Physiol.* 25, 487e494. <https://doi.org/10.1093/treephys/25.4.487>.

Senilliani, M. G.; Acosta, M.; Oliet, J.; Brassiolo, M. 2021. Atributos morfológicos y fisiológicos de *Prosopis alba* Griseb en vivero con diferentes sustratos y contenedores. *Quebracho* (Santiago del Estero), 29(2), 92-101. Epub 01 de octubre de 2021. Recuperado en 04 de mayo de 2023, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-30262021000200092&lng=es&tlng=es.

Silveira, R. L. V. De A.; Moreira, A.; Higashi, E. N. 2004. Crescimento e sobrevivência de mudas de eucalipto sob doses de boro cultivadas em condições de viveiro e de campo. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 28, n. 2, p. 366-371. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542004000200017>.

Simon, S.; Kubes, M.; Baster, P.; Robert, S.; Dobrev, P.I.; Friml, J.; Petr asek, J.; Zazímalova, E. 2013. De fining the selectivity of processes along the auxin response chain: A study using auxin analogues. *New Phytol.* 200, 1034e1048.

Soares, J. A. 2001. Efeito de três lâminas de irrigação e quatro doses de potássio via fertirrigação no meloeiro em ambiente protegido. Piracicaba: USP, 2001. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- Universidade de São Paulo, SP.

Solano-Jiménez, L. F.; Mata-Granados, X.; Murillo-Gamboa, O. 2015. Efecto de extractos de metabolitos de dos aislados nativos *Trichoderma* sp. sobre el crecimiento y desarrollo de

brotos juveniles de melina (*Gmelina arborea* Roxb. ex Sm.) bajo condiciones de minitúnel.

Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 12(29), 53–68.

<https://doi.org/10.18845/rfmk.v12i29.2255>

Soldevilla, C. 1995: Marras de origen fúngico (Damping-off) en plantas del genero *Pinus* sp. cultivadas en invernadero. Bol. San. Veg. Plagas, 21(1): 87-109.

Souza, S.M.; Felker, P. 1986. The influence of stock plant fertilization on tissue concentration of N, P and carbohydrates and the rooting of *Prosopis alba* cuttings. Forest Ecology and Management, 16: 181-190

Sulichantini, E.D.; Sutisna, M.; Sukartiningih, R. 2014. Clonal Propagation of two Clones *Eucalyptus Pellita* F. Muell by Mini-Cutting. International Journal of Science and Engineering, 6(2),112-116. Doi:10.12777/ijse.6.2.117-121.

Tagiba, S. D.; Pezzopane, J. E. M.; Reis, E. F. 2007. Avaliação de do crescimento e produção de clones de *Eucalyptus* submetidos a diferentes lâminas de irrigação. Cerne, Lavras, v. 13, n. 1, p. 1-9.

Tinley, G.H. Effect of ferric dimethyldithiocarbamate on the rooting of cuttings of *Hevea brasiliensis*. Nature, 191:1217-1218, 1961

Titon, M.; Xavier, A.; Campos Otoni, W.; Gonçalves dos Reis, G. 2003. Efeito do AIB no Enraizamiento de Miniestacas e Microestacas de Clones de *Eucalyptus grandis* W. Hill Ex Maiden. R. Árvore, Viçosa-MG, v.27, n.1, p.1-7.

Tormena, C. A.; Silva, A. P.; Gonçalves, A. C. A.; Folegatti, M. V. 1999. Intervalo ótimo de potencial da água no solo: um conceito para avaliação da qualidade física do solo e manejo da água na agricultura irrigada. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, Campina Grande, v.3, n.3, p.286-292.

Torres, A.P.; Camberato, D.; López, R.G.; Mickelbart, M. 2010. Medición de pH y conductividad eléctrica en sustratos. Purdue Extension HO-237-SW. West Lafayette, USA. Purdue University. 6 p.

Trindade, H. y Pais, M.S. In vitro studies on *Eucalyptus globulus* rooting ability. In Vitro Cellular Develop. Biol. Plant, 33:1, 1997

Trueman, S.J.; McMahon, T.V.; Bristow, M. 2013. Nutrient partitioning among the roots, hedge and cuttings of *Corymbia citriodora* stock plants. J. Soil Sci. Plant Nutr. 13. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162013005000077>.

Turnbull, J. W. (1999). *Eucalypt* plantations. *New Forests*, 17: 37-52

Vasconcelos, E.; Ribeiro, H.M.; Ramos, A.; Coutinho, J. 2007. Influence of nitrogen and potassium on *Eucalyptus globulus* Labill. mother plants. *Rev de Ciências Agrárias* 30:87–97.

Verdonck, O.; Vleeschauwer, D.; Penninck, R. 1983. Barckcompost: a new accepted growing medium for plants. *Acta Horticulturae*, v.133, p.221-226.

Vilasboa, J.; Da Costa, C.T.; Fett-Neto, A. G. 2019. Rooting of eucalypt cuttings as a problem-solving oriented model in plant biology, *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, Vol.146, Pages 85-97. ISSN 0079-6107, <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2018.12.007>.

Wendling, I. 2002. Rejuvenescimento de clones de *Eucalyptus grandis* por miniestaquia seriada e micropropagação. 91 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG).

Wendling, I.; Brooks, P. R.; Trueman, S. J. 2015a. Topophysis in *Corymbia torelliana* x *C. citriodora* seedlings: adventitious rooting capacity, stem anatomy, and auxin and abscisic acid concentrations. *New Forests*, v. 46, p. 107-120. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-014-9451-7>.

Wendling, I.; Dutra, L. F. 2017. Produção de mudas de eucalipto por sementes. In: Wendling, I.; Dutra, L. F. (org.). Produção de mudas de eucalipto. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa,. p. 13-46.

Wendling, I.; Ferrari, M. P.; Dutra, L. P. 2005 Produção de mudas de corticeira-domato por miniestaquia a partir de propágulos juvenis. Colombo: EMBRAPA, p. 1 – 5.

Wendling, I.; Warburton, P. M.; Trueman, S. J. 2015. Maturation in *Corymbia torelliana* x *C. citriodora* stock plants: Effect of pruning height on shoot production, adventitious rooting capacity, stem anatomy, and auxin and abscisic acid concentrations. *Forests*, v. 6, p. 3763-3778. DOI: <https://doi.org/10.3390/f6103763>.

Wendling, I. y Xavier, A. 2001. Gradiente de Maturação e Rejuvenescimento Aplicado em Espécies Florestais. *Revista Floresta e Ambiente*. V. 8, n.1, p.187 - 194.

Wendling, I.; Xavier, A.; Paiva, H. N. 2003. Influência da miniestaquia seriada no vigor de minicepas de clones de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*, v. 27, n. 5, p. 611-618.

Wendling, I.; Xavier, A. 2005a. Influência da miniestaquia seriada no vigor radicular de clones de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*, v. 29, n. 5, p. 681-689.

Wendling, I.; Xavier, A. 2005b. Influência do ácido indolbutírico e da miniestaquia seriada no enraizamento e vigor de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*, v. 29, n. 6, p. 921-930.

Wendling, I.; Trueman, S.J.; Xavier, A. 2014. Maturation and related aspects in clonal forestry—part II: reinvigoration, rejuvenation and juvenility maintenance. *New Forests* 45, 473–486 (2014). <https://doi.org/10.1007/s11056-014-9415-y>.

Wu, J.; Lin, W.; Peng, X.; Liu, W. 2013. A review of forest resources and forest biodiversity evaluation system in China. *International Journal of Forestry Research* (2013): 1-7.

Xavier, A.; Wendling, I.; Silva, R. L. 2009. *Silvicultura clonal: princípios e técnicas*. Viçosa, MG: UFV, 272 p.

Xavier, A.; Wendling, I.; Silva, R. L. 2013. *Silvicultura clonal: princípios e técnicas*. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 279p.

Zalesny, R.S.; Bauer, E.O.; Riemenschneider, D.E. 2004. Use of belowground growing degree days to predict rooting of dormant hardwood cuttings of *Populus*. *Silvae Genet* 53:154–160

Zobel, B.; Talbert, J. 1984. *Applied forest tree improvement*. New York, North Carolina State University, 505 p.

Zsuffa, L.; Sennerby-Forsse, L.; Weisberger, H.; Hall, R.B. 1993. *Clonal Forestry II: Conservation and Application*, M.R. Ahuja, W.J. Libby (Eds.), Springer-Verlag, Berlin, 91.