

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE REMOCIÓN DE BROTES
EPICÓRMICOS EXCEDENTARIOS (“LADRONES”) EN *Eucalyptus globulus*
*ssp. globulus***

por

**Carla PADILLA
Carlos PARENTINI**

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2020**

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. (PhD.) Jaime González-Talice

Ing. Agr. Juan Cabris

Ing. Agr. Ricardo Buzzo

Ing. Agr. (MSc.) Luis Gallo

Fecha: 28 de diciembre de 2020

Autores:

Carla Padilla

Carlos Parentini

AGRADECIMIENTOS

A los Ing. Agr. Jaime González-Talice y Juan Cabris por su guía durante la elaboración de esta tesis.

A Ricardo Buzzo, Mariana Crucci, Robert Silvestre, y José Pedro Ualde de la empresa UPM-Forestal Oriental. A Ricardo por toda su dedicación y apoyo tanto en la parte práctica, como en la escritura y los análisis de la tesis. A Mariana y Robert por su ayuda brindada en la parte práctica. Y a José por su ayuda con la revisión de los datos.

A nuestras respectivas familias y amigos por el aliento, sostén y buena energía a lo largo de toda la carrera, y a la Facultad de Agronomía por los conocimientos brindados.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. LOS BROTES EPICÓRMICOS	3
2.2. FACTORES QUE CONTRIBUYEN CON LA LIBERACIÓN DE LA DORMANCIA DE YEMAS EPICÓRMICAS E INFLUYEN EN EL DESARROLLO DE LOS BROTES	4
2.2.1. <u>Estrés</u>	4
2.2.2. <u>Luz</u>	4
2.2.3. <u>Vigor de los árboles</u>	5
2.2.4. <u>Acción hormonal</u>	5
2.2.4.1. Estadios de dormancia de las yemas epicórmicas	5
2.2.4.2. Auxinas	6
2.2.4.3. Citoquininas	6
2.2.5 <u>Toma de nutrientes</u>	7
2.3. FASES DE LA REBROTACIÓN	8
2.4. LOS BROTES EPICÓRMICOS EN EL RÉGIMEN TALLAR	9
2.4.1. <u>Factores operativos que afectan el proceso de rebrote</u>	9
2.4.1.1. Cosecha del rodal original	9
2.4.1.2. Brotes epicórmicos excedentarios	9
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	12
3.1. UBICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL	12
3.2. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO	16
3.3. EVALUACIÓN DEL EXPERIMENTO	19
3.3.1. <u>Mortalidad y fallas</u>	20
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	21
4.1. EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DEL REBROTE PRINCIPAL	21
4.1.1. <u>Diámetro a la altura del pecho</u>	23
4.1.2. <u>Altura</u>	24

4.1.3. <u>Volumen total</u>	25
4.2. EVALUACIÓN DE LA MORTALIDAD	26
4.3. EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE BEEs	27
4.3.1. <u>Número de BEEs</u>	29
4.3.2. <u>Diámetro a la altura del pecho</u>	30
4.3.2. <u>Altura</u>	31
4.4. COMPARACIÓN ENTRE ÁREAS BASALES Y VOLÚMENES DE BEEs Y DE REBROTOS	33
5. <u>CONCLUSIONES</u>	35
6. <u>RESUMEN</u>	36
7. <u>SUMMARY</u>	37
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	38
9. <u>ANEXOS</u>	40

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Grupos de suelos en el predio, con porcentajes e índice de productividad.....	12
2. Grupo de suelo por parcela	13
3. Detalles por parcela.....	17
4. Detalles por estrato.....	17
5. Fechas de cosecha, manejo de rebrotes y remoción de BEEs.....	18
6. Fechas de toma de datos.....	19
7. Medias del crecimiento del rebrote principal de 6,5 años de edad, dos años luego de la aplicación del tratamiento de remoción de BEEs.	21
8. Medias del crecimiento del rebrote dominante de 8,5 años de edad, dos años luego de la aplicación del tratamiento de remoción de BEEs.	22
9. Medias de incremento en mortalidad entre 2015 y 2017 para el tratamiento con remoción de BEEs y sin remoción de BEEs	26
10. Medias del crecimiento de BEEs de los rebrotes de 6,5 años, dos años luego de la aplicación del tratamiento de remoción de BEEs.....	27
11. Medias del crecimiento de BEEs de los rebrotes de 8,5 años, dos años luego de la aplicación del tratamiento de remoción de BEEs.....	28
12. Áreas basales de BEEs, de rebrotes por hectárea, y la relación entre ambas, para parcelas sin remoción de BEEs en el año 2015.....	33
13. Volumen de BEEs, y de rebrotes por parcela, y la relación entre ambas, para parcelas sin remoción de BEEs en el año 2015.....	33

Figura No.

1. Hojas afectadas por <i>Teratosphaeria nubilosa</i>	14
2. Hojas dañadas por <i>Gonipterus spp.</i> con el ejemplar adulto a la vista.....	15
3. Corteza con galerías con aserrín compactado causado por <i>Phoracantha spp.</i>	15
4. Diseño del experimento.....	16

Gráfico No.

1. Porcentaje de cepas con BEEs y volumen de los mismos, en función del volumen de un monte de <i>Eucalyptus grandis</i> con 3 años de edad.....	10
2. Comparación de incremento corriente anual de diámetro a la altura del pecho (ICA DAP) de rebrotes dominantes, entre tratamiento sin remoción de BEEs (S/R), y con remoción de BEEs (C/R).	23
3. Comparación de incremento en altura (ICA Ht) de rebrotes dominantes, entre tratamiento sin remoción de BEEs (S/R), y con remoción de BEEs (C/R)	24
4. Comparación de IMA volumen de rebrotes dominantes, entre tratamiento sin remoción de BEEs (S/R), y con remoción de BEEs (C/R).	25
5. Número de BEEs totales/árb. para cada bloque, en los años 2015 y 2017, según tratamiento de remoción de BEEs (C/R) y sin remoción (S/R).....	30
6. Comparación de incremento corriente anual de DAP de los BEEs entre los bloques, según tratamiento de remoción de los BEEs, y sin remoción.....	31
7. Comparación de incremento corriente anual de altura de los BEEs entre los bloques, según tratamiento de remoción de los BEEs, y sin remoción.....	32

1. INTRODUCCIÓN

Con el impulso inicial de la Ley Forestal de 1987, que promovió la forestación en suelos identificados como de “prioridad forestal”, la actividad forestal ha exhibido un notorio crecimiento desde entonces. En la última década se ha transformado en una de las principales actividades del país impulsado principalmente por la industria de la celulosa. Las masas forestales plantadas ocupan una superficie efectiva de 1.000.190 hectáreas, con un claro predominio de *Eucalyptus spp.* (85%) frente a *Pinus spp.* (15%, MGAP. DGF, 2019).

Muchos de los bosques de *Eucalyptus spp.* en Uruguay son manejados bajo régimen tallar. Este es un método de repoblación de bosques que se basa en la capacidad que poseen algunas especies de rebrotar, luego de la cosecha de su parte aérea. Los *Eucalyptus*, en su mayoría, tienen gran capacidad para rebrotar. Luego de la tala rasa, las yemas durmientes de las cepas existentes se desarrollan emitiendo brotaciones que pueden iniciar un nuevo ciclo forestal (Stape, 1997).

El método tallar es antiguo y ampliamente utilizado en el mundo. Históricamente, se lo ha utilizado para la producción de madera en pequeñas superficies. Actualmente, el sistema predomina en países en desarrollo de América, Asia y África para producción de material leñoso de pequeñas a medianas dimensiones, para uso industrial o social (Stape, 1997). Este método se justifica para la obtención de productos que puedan producirse en rotaciones cortas, como es el caso de la madera para pulpa, postes o biomasa para dendroenergía.

La utilización del régimen tallar posee ventajas importantes en comparación con la replantación. Desde el punto de vista económico, redundan en menores costos por volumen de madera producida gracias a la disminución de costos de plantación, plantines, y preparación del suelo, y anticipación de retornos financieros debido a ciclos más reducidos. Otras ventajas son medioambientales, como la menor erosión del suelo.

Existen varios factores que pueden afectar la productividad del régimen tallar. Los brotes epicórmicos excedentarios (BEEs) pueden afectar el rendimiento, debido a que estos nacen desde la base del árbol, y por lo tanto pueden actuar como fosas al competir con el tallo principal por fotoasimilados. A este tipo de brotes se los conoce coloquialmente como “ladrones”.

El objetivo de este trabajo es la evaluación del efecto de los BEEs sobre el crecimiento de los árboles.

Los objetivos específicos son:

- Evaluar la respuesta en crecimiento (diámetro a la altura del pecho, altura y volumen) de los rebrotes dominantes, con y sin la remoción de BEEs.

- Evaluar la respuesta en cantidad y crecimiento (diámetro a la altura del pecho, altura y volumen) de los brotes epicórmicos excedentarios, con y sin la remoción de los mismos.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Los *Eucalyptus spp.* son originarios principalmente de Australia, donde el fuego ha sido el principal factor natural que ha influido en la composición de la vegetación (Granados y López, 2007).

Las especies de este género han desarrollado ciertos mecanismos de adaptación, como producción de semillas en gran cantidad, capaces de colonizar la tierra desnuda, sin protección (Jacobs, 1981). Otro mecanismo es la presencia del lignotubérculo. Este es un órgano subterráneo protector, ubicado en la unión del tallo con la raíz. Posee reservas alimenticias, que le permiten al árbol el desarrollo de nuevos brotes cuando la parte aérea es destruida (Jacobs, 1981).

La existencia de yemas epicórmicas permite el desarrollo de brotes si se pierde la parte aérea. Estas estructuras se encuentran protegidas debajo de la corteza, permitiendo que estén aisladas del calor intenso (Jacobs, 1981).

2.1. LOS BROTES EPICÓRMICOS

Meier et al. (2012) denominan yema o meristema epicórmico a todas las yemas o meristemas vegetativos que se encuentran en estructuras de crecimiento con más de un año de formadas. Los brotes epicórmicos son, por lo tanto, aquellos que se originan de yemas que permanecieron durmientes sobre tallos que elongaron en un período anterior, mayor a un ciclo de crecimiento.

Existen dos tipos de yemas epicórmicas, las proventicias y las adventicias. Las primeras son definidas como una serie continua de células asociada con el desarrollo de tejido vascular, al que también se la conoce como rastro epicórmico. Este rastro no funcional se compone principalmente de células de parénquima. Las adventicias, en general, se originan de forma independiente del crecimiento de un brote anual, aunque en unas pocas especies constituyen un componente importante del desarrollo de la planta. No se encuentran inicialmente conectadas a la médula de un brote, sino que se desarrollan in situ, más a menudo en tejido del callus en sitios que sufrieron heridas (Meier et al., 2012).

2.2. FACTORES QUE CONTRIBUYEN CON LA LIBERACIÓN DE LA DORMANCIA DE YEMAS EPICÓRMICAS E INFLUYEN EN EL DESARROLLO DE LOS BROTES

La formación de los brotes epicórmicos es favorecido por condiciones de estrés (Desrochers et al., 2014) y por la exposición creciente de luz (Gordon et al., 2006). Es un mecanismo de restablecimiento o mantenimiento de la copa en respuesta a un desbalance entre órganos fotosintéticos y no fotosintéticos (Desrochers et al., 2014).

2.2.1. Estrés

La brotación epicórmica es básicamente una respuesta al estrés que provoca la brotación de yemas que están próximas a la zona de daño (Stone y Stone, citados por Burrows, 2002). Según Meier et al. (2012), algunos factores estresantes, como defoliación por insectos, fuego, frío, daño por viento o enfermedades son evidentes, pues tienen un efecto directo sobre el árbol. Otros, sin embargo, no manifiestan un cambio notable en el árbol pero también estimulan la brotación epicórmica, como la sequía, intensa competencia, baja calidad del sitio. La mayoría de estos factores resultan en una pérdida de área foliar o ineficiencias que limitan la tasa de crecimiento, necesitando un mecanismo para el restablecimiento o mantenimiento de una copa funcional y efectiva (Deal et al., 2003).

La remoción de rebrotes se la podría asociar a una actividad con un efecto similar al de una poda, donde se extraen partes del árbol y se produce una herida. Desrochers et al. (2014) mencionan que los rebrotes epicórmicos son comúnmente producidos rápidamente luego de una poda y pueden tener una muy alta tasa de crecimiento y mucha biomasa, transformándose en poderosas fosas de carbohidratos, reduciendo el crecimiento o provocando un estancamiento del crecimiento de los fustes principales. Los rebrotes podrían rápidamente compensar la pérdida de área fotosintética de la copa podada y volverse un importante recurso de fotoasimilados para el árbol (Nicolini et al., 2001). El desbalance entre tejidos fotosintéticos y no fotosintéticos creados por la poda se incrementa con la intensidad de ésta, al igual que la aparición de brotes epicórmicos se incrementa con la intensidad de la poda (O'Hara y Valappil, citados por Desrochers et al., 2014).

2.2.2. Luz

La exposición a la luz de zonas bajas del árbol han mostrado promover el vigor y el crecimiento de los brotes epicórmicos (Gordon et al., 2006). Históricamente, se creía que la luz era un factor primario que influenciaba en la liberación de las yemas

epicórmicas de la dormancia, especialmente en el contexto de manejo forestal (Deal et al., 2003).

Sin embargo, Meier et al. (2012) mencionan que existen evidencias que la luz no es un factor primario o esencial estimulante para la iniciación de los brotes en condiciones naturales. Es frecuente, en algunas especies, la presencia de brotes epicórmicos en montes “cerrados” (Nicolini et al., 2001) donde difícilmente los rayos de luz penetren directamente el dosel y lleguen al sotobosque.

2.2.3. Vigor de los árboles

Varios estudios silvícolas asignan al vigor del árbol un papel relevante en la tendencia de los árboles a producir brotes epicórmicos, donde los menos vigorosos y de menor diámetro, producen mayor cantidad de estas estructuras (Colin et al., 2008).

En cuanto a clases de copa, árboles suprimidos e intermedios son más susceptibles a generar rebrotes epicórmicos que los dominantes y codominantes, aunque estos últimos son capaces de producir un gran número de ramas epicórmicas (Meier et al., 2012).

La producción de ramas epicórmicas son esenciales para el mantenimiento de una copa funcional y maximizar la intercepción de luz. Los brotes epicórmicos que están, en partes altas de árboles viejos y más próximos a ramas viejas, pueden admitir un camino hidráulico más eficiente para el transporte de agua, nutrientes y fotosintatos (Ishii et al., 2007). Sprugel (2002) sostiene que los brotes en estas áreas pueden ser partes del árbol donde los fotosintatos son invertidos con mayor rentabilidad y volverse más competitivos por recursos en comparación con meristemas más distales.

2.2.4. Acción hormonal

2.2.4.1. Estadios de dormancia de las yemas epicórmicas

Según Meier et al. (2012), las yemas epicórmicas están sometidas a diferentes etapas de dormancia. La misma es moderada por el ambiente (ecodormancia), por las estructuras vegetales externas a la yema (paradormancia) y por la fisiología de la propia yema (endodormancia).

El proceso de liberación de la dormancia ocurre en múltiples etapas, comenzando con la acumulación de unidades de frío, seguido por la síntesis de compuestos vegetales y un engrosamiento inicial de la yema.

Finalmente, la actividad hormonal y la activación del ciclo celular inician la división celular y la elongación del tallo. Yemas que aún permanezcan en dormancia en este punto se puede deber a factores de la planta (paradormancia) y si esta no se supera, las yemas se ciclan nuevamente en endodormancia y no brotan (Rohde et al., citados por Meier et al., 2012).

2.2.4.2. Auxinas

Meier et al. (2012) mencionan que normalmente el desarrollo de las yemas es inhibido por la presencia de auxinas sintetizadas a nivel foliar. Por lo tanto, cuando los BEEs existentes en la base del fuste del árbol son eliminados por el fuego o por la corta, se interrumpe el efecto inhibitorio de las auxinas y las yemas se desarrollan en rebrotes. Además, los tratamientos silviculturales como podas y anillado (Wignall et al., citados por Meier et al., 2012) a menudo estimulan la brotación de yemas epicórmicas sugiriendo que la pérdida de la fuente de auxinas (por ejemplo, primordios foliares y hojas jóvenes) promueven la liberación de la dormancia.

Estas hormonas son producidas primariamente por primordios foliares y las hojas jóvenes de yemas en expansión. Su concentración en la base del árbol sería función de la producción total de todas las ramas por encima de este punto.

La inhibición por auxinas, por lo tanto, probablemente se incrementa con la distancia desde el meristemo apical, dado que las yemas en la base del árbol estarían suprimidas por las auxinas transportadas desde todas las yemas del árbol. Los rebrotes dominantes, por lo tanto, ejercen un control hormonal sobre las yemas ubicadas en la base del árbol en cooperación con el flujo de auxinas proveniente de la copa. Sin embargo, estas no son las únicas hormonas encargadas de controlar la dormancia, sino que actúan en conjunto con otras como la citoquinina, además de la influencia de los factores ambientales (Meier et al., 2012).

2.2.4.3. Citoquininas

Las citoquininas juegan un rol importante tanto en la división como en la elongación celular y son generalmente clasificadas como promotores del crecimiento. Se conoce que existe una interacción directa entre auxinas y citoquininas. Cuando las concentraciones de citoquininas en la yema son altas con relación a las auxinas, la yema es capaz de rebrotar (Meier et al., 2012).

2.2.5 Toma de nutrientes

La capacidad del brote de tomar nutrientes está correlacionada con el tamaño inicial de la yema y éste a su vez depende de la relación auxina/citoquinina (Little, Bollmark, citados por Meier et al., 2012). A su vez, el mayor tamaño de yema puede determinar mayor conductividad del xilema. Meier et al. (2012) mencionan que, en árboles de mayor edad, se ha observado escasa respuesta, o aún una reducción, en la formación de ramas epicórmicas en presencia de altos niveles de nutrientes.

Las plantas vasculares necesitan de un sistema de transporte que lleve los fotoasimilados producidos en las hojas hacia otros órganos que no realizan fijación fotosintética. El movimiento de fotoasimilados en el floema se da desde los órganos fuente a los fosa. En general, el transporte está determinado por la distancia entre fuente y fosa, estas últimas son alimentadas desde las fuentes más próximas, pero también las pueden ser suministradas por varias fuentes distintas. Esta distribución de la materia seca (principalmente fotoasimilados) se denomina partición, la cual está determinada por la distancia fuente-fosa, la posición de los mismos y la fuerza de fosa. En base a esto, una yema ubicada en el ápice de las ramas de una copa vigorosa es un importante sumidero de carbono, mientras que una yema creciendo en la base del rebrote principal, y con poco desarrollo vascular, es considerado como un sumidero débil (Dickson et al., citados por Meier et al., 2012). Por lo tanto, para el momento en el que las yemas no epicórmicas vigorosas formen brotes cuyas nuevas hojas que se convierten en exportadores netos de carbono, la producción de hormonas por parte de estos brotes aumenta y da lugar a un cese completo del crecimiento de las yemas epicórmicas (Meier et al., 2012).

Según Hawley y Smith (1982), las ramas bajas debilitadas de un árbol pierden probablemente más hidratos de carbono por la respiración de los que logran por fotosíntesis; la extracción de estas ramas, que suelen tener el follaje en mal estado o las hojas cloróticas, no reduce el crecimiento y algunas veces incluso lo aumenta ligeramente.

Si a los BEEs completamente desarrollados (potenciales fuentes) se los corta, Meier et al. (2012) sugieren que, como respuesta al estrés en la zona, las trayectorias de señalización son las que dictan la liberación de la dormancia de las yemas, y no la distribución del carbono, el cual corresponde al tamaño de la yema y no a la ubicación de la yema en el rebrote. Por lo tanto, remoción de los BEEs provocaría una disminución de la concentración de auxinas en la base de los mismos, retirando la inhibición de las yemas de esa zona.

Meier et al. (2012) distinguen entre los brotes epicórmicos estimulados por estrés significativo, tal como la corta de BEEs (pérdida de una yema terminal) o fuego, y el brote estimulado por interacciones fisiológicas no aparentes dentro del árbol.

Menciona que existen genes vinculados al estrés que son regulados en aumento luego de la corta (decapitación). En ausencia de estrés significativo, la emisión de BEEs está regulada por la dinámica normal de crecimiento de brotes.

Meier et al. (2012) proponen que se debe considerar el tamaño de las yemas y el desarrollo interno como factores críticos que permiten a las yemas epicórmicas sobreponerse a la inhibición por auxinas en ausencia de alteraciones, en tanto a la emisión de brotes en respuesta a estrés se inicia a través de trayectorias de señalizadas activadas mediante estrés.

2.3. FASES DE LA REBROTACIÓN

Luego de la liberación de la dormancia, la ocurrencia del rebrote se puede dividir en tres fases (Stape, 1997): emisión del rebrote, establecimiento de este y crecimiento del fuste.

La fase de emisión del rebrote ocurre de los 2 a 3 meses luego de la corta, la cual posee un fuerte control genético. Estos se relacionan a la existencia y capacidad de desarrollar diferentes tipos de yemas (adventicias, durmientes y del lignotubérculo).

Luego de la emisión existe una segunda fase donde ocurre el establecimiento de los brotes, que dura aproximadamente 6 a 12 meses.

Es en esta etapa donde su crecimiento está bajo fuerte influencia de factores operacionales, como la altura a la que se realizó el corte del árbol, la densidad de plantación, sanidad, sombreado y cosecha.

Finalmente, se da el crecimiento de los fustes (rebrote), el cual es altamente dependiente de los factores ambientales, o sea factores externos al árbol que posibilitan su mayor o menor desarrollo por actuar de forma continua, no siendo controlados por el hombre, como el régimen hídrico, régimen térmico, condición edafo-fisiográfica, y competencia (Stape, 1997).

2.4. LOS BROTES EPICÓRMICOS EN EL RÉGIMEN TALLAR

2.4.1. Factores operativos que afectan el proceso de rebrote

2.4.1.1. Cosecha del rodal original

El momento de la cosecha del rodal original es muy importante; la época de corta debe ser programada para evitar períodos secos y fuertes heladas, que pueden hacer desprender la corteza de las cepas. La corta invernal, siempre y cuando exista una adecuada disponibilidad de agua en el suelo, estimula la producción de un mayor número de rebrotes por cepa. Aun cuando exista una adecuada cantidad de agua almacenada en el suelo, la corta a principios de invierno, con el propósito de obtener abundantes rebrotes altos y rustificados, aptos para su selección durante el invierno siguiente, no siempre resulta aconsejable en zonas con alto riesgo de heladas. Las heladas muy intensas pueden, en algunos casos, llegar a romper la corteza que recubre las cepas, con la consiguiente mortalidad.

En general para *Eucalyptus spp.*, cuanto más temprano en la primavera se realiza la corta, mayor será el número de rebrotes por cepa, más prolongada la estación de crecimiento, durante la cual podrán rustificarse y crecer los rebrotes por encima del nivel de heladas antes del invierno siguiente. También menor probabilidad de ataque por parte de hongos sufre la cepa y más rápidamente será suprimido el desarrollo de malezas por el rápido crecimiento del nuevo dosel (Ferrari et al., 2004).

2.4.1.2. Brotes epicórmicos excedentarios

La emisión de brotes epicórmicos excedentarios o brotes “ladrones” luego del manejo de rebrotes es un hecho que ocurre con frecuencia. Estos BEEs surgen de las bases de los brotes cortados.

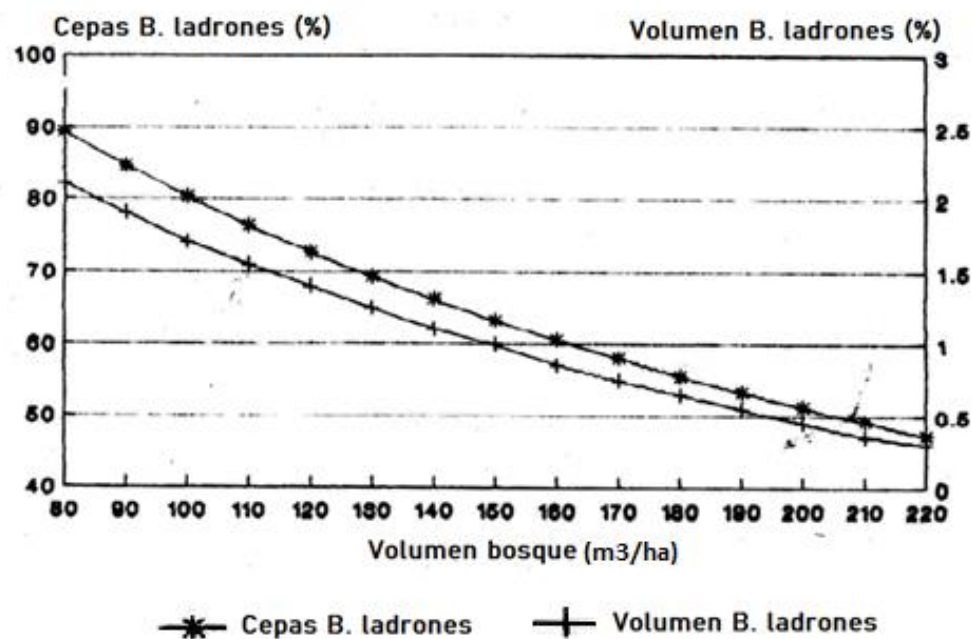
Debido a que la presencia de estos brotes influye en la productividad del tallar, se puede realizar su control. En especial cuando se realiza un manejo de rebrotes precoz (Junior et al., 2015).

En Brasil existen diferencias entre empresas en cuanto al tiempo del control de estos BEEs: algunas lo realizan a los dos, tres y hasta cuatro meses luego del manejo de rebrotes. Otras no lo realizan (Junior et al., 2015).

La remoción de los brotes se realiza generalmente en forma mecánica con la ayuda de machetes y hoz. También en algunos casos se realiza manejo químico; sin embargo no es recomendable porque genera pérdidas de aproximadamente 20%. El método mecánico evita estas pérdidas. Además se realiza la remoción de la zona en la cepa en donde estaba adherido el brote, con pala cavadora. De esta forma se reduce la intensidad de emisión de brotes ladrones (Junior et al., 2015).

Según Stape (1993), en las áreas más productivas los brotes principales ejercen fuerte dominancia sobre estos brotes “ladrones”, lo que no se observa en las áreas menos productivas, donde además de una dominancia menor, hay mayor incidencia de luz, prolongando por más tiempo los brotes ladrones (Gráfico 1).

Gráfico 1. Porcentaje de cepas con BEEs y volumen de los mismos, en función del volumen de un monte de *Eucalyptus grandis* con 3 años de edad



Fuente: Stape et al. (1993).

La utilización de manejo mecánico de rebrotes, asociado a intervenciones precoces en las áreas más productivas, y más tardía en las áreas menos productivas, tenderá a controlar el fenómeno (Stape et al., 1993).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL

El experimento se llevó a cabo en el departamento de Lavalleja, a 17.7 km del pueblo Mariscal, en un predio número de padrón 15600, ubicado en las coordenadas 33°58'24.74"S, 54°53'33.64"O.

La zona presenta una temperatura promedio con sus valores más elevados en torno a los 22.94°C, mientras que los menores rondan los 10.88°C. La mínima se da en el mes de julio, con una media de 5.67°C. La máxima se da en el mes de enero, con una media de 29.43°C. Por otro lado, las precipitaciones se distribuyen de forma más o menos uniforme a lo largo del año, con un acumulado anual es de 1292 mm.

Existe probabilidad de heladas agrometeorológicas desde el mes de abril hasta noviembre. Siendo junio y julio donde existe mayor probabilidad, 0,38 y 0,37 respectivamente.

El experimento se desarrolló sobre grupos de suelos pertenecientes a la unidad Sierra de Aiguá, exceptuando al grupo 2.12 que pertenece a la unidad de suelos Sierra del Polanco, de la carta a escala 1:1.000.000 (Altamirano et al., 1976). Existen 4 grupos de suelos diferentes en el predio (Cuadro 1).

Cuadro 1. Grupos de suelos en el predio, con porcentajes e índice de productividad

Grupo	Índice de productividad	Porcentaje (%)
2.11a	53	22,23
2.11b	26	11,01
2.10	9	27,63
2.12	83	39,14

Existen diez parcelas establecidas sobre diferentes grupos CONEAT (Cuadro 2).

Cuadro 2. Grupo de suelo por parcela

Grupo CONEAT	Bloque	Parcela
2.10	1	1
		4
2.12	2	2
		5
		7
	4	10
2.11a	5	8
		11
	6	9
		12

Los suelos dominantes son Brunosoles Subeutricos Háplicos, arenoso franco gravillosos y franco gravillosos, superficiales, pedregosos pertenecientes al grupo CONEAT 2.11a. Los pertenecientes al grupo 2.10 son Litosoles Dístricos Umbricos (a veces Subeutricos) o Melánicos, gravillosos y comúnmente muy superficiales, de texturas arenosas o areno gravillosas, con Brunosoles Subeutricos Típicos moderadamente profundos como suelos accesorios. Dentro del grupo CONEAT 2.12 aparecen Brunosoles Subeutricos Háplicos y Típicos, arenoso francos y francos, algunas veces arenosos franco gravillosos, superficiales y moderadamente profundos. Excepto por el grupo 2.10, todos estos suelos son de prioridad forestal.

En el grupo de suelos 2.10 tienden a ser por lo general más rocosos, y un índice de productividad bastante bajo, son arenosos y de poca profundidad. El MGAP, según la carta de aptitud de uso de la tierra (ver Anexo I), clasifica a este grupo de suelos como R. Además, muestra que presenta condiciones de enraizamiento deficitarias, baja disponibilidad de agua, inaccesibilidad de uso forestal e inaccesibilidad. Existen árboles que crecieron en las zonas más bajas del relieve, por lo que se puede decir que en ese lugar existe un depósito de sedimentos provenientes de las zonas más altas, lo cual favoreció el crecimiento de estos árboles al aumentar la profundidad del perfil.

En el grupo de suelo 2.11a, los suelos dominantes son Brunosoles Subeutricos Háplicos a veces Típicos y Litosoles. Son por lo general arenoso franco gravillosos y franco gravillosos, superficiales a profundos y un tanto pedregosos (pero menos que el 2.10). Son suelos con una mayor productividad que los 2.10. Se clasifican en general como suelos PF, y como limitantes presentan condiciones de enraizamiento deficitarias, baja disponibilidad de agua y riesgo de erosión. Por otro lado, durante la toma de datos,

se observó afloramientos rocosos dentro de las parcelas, por lo que además de presentar limitantes hídricas, presenta limitantes físicas, factores que seguramente afectaron la supervivencia de algunas parcelas de estos bloques.

Por último, en el grupo de suelos 2.12, según CONEAT, se caracterizan por presentar una muy alta productividad, son moderadamente profundos, arenosos, excelentes para la producción forestal. Se los clasifican como PF, y presentan las mismas limitantes que los suelos 2.11a, aunque poseen mayor productividad que estos.

El relieve de la zona es típico serrano, encontrándose sobre basamento cristalino, donde existe una elevada proporción de suelos de prioridad forestal, que contienen una importante producción comercial de *E. globulus*.

En cuanto al estado sanitario se encontraron manchas foliares cuyo agente causal es *Teratosphaeria nubilosa*, de manera generalizada en los BEEs, con una severidad leve (Figura 1). Además, se constató presencia del gorgojo del eucalipto (*Gonipterus spp*) cuyo ataque se evidencia por la presencia de ejemplares adultos (Figura 2). Además, se encontraron árboles atacados por *Phoracantha spp.*, donde se observó la presencia de galerías verticales con aserrín compactado. Por último, se encontraron algunos árboles muertos, presumiblemente causados por *Botryosphaeria*, aunque su incidencia fue muy baja.

Figura 1. Hojas afectadas por *Teratosphaeria nubilosa*



Figura 2. Hojas dañadas por *Gonipterus spp.* con el ejemplar adulto a la vista



Figura 3. Corteza con galerías con aserrín compactado causado por *Phoracantha spp.*



3.2. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

Se instalaron parcelas en áreas con distintas fechas de manejo. Se realizaron dos experimentos sobre árboles de la especie *Eucalyptus globulus ssp. globulus* que se encuentran bajo el régimen tallar; un primer estrato conformado por árboles más viejos provenientes de un fustal cosechado en 2008 (8,5 años), y un segundo estrato conformado por árboles más jóvenes, provenientes de un fustal cosechado en 2010 (6,5 años). De aquí en más se mantendrá la identificación de ambos estratos en esta forma (Estrato 1 – 8,5 años, Estrato 2 – 6,5 años). Cada grupo de árboles (estrato) contaba con 6 parcelas apareadas, donde a 3 de ellas se le removieron los BEEs, y a otras 3 se los mantuvieron intactos. El tamaño de cada parcela fue de 7 filas de 10 árboles.

Debido a la forma de planteo del trabajo, para el análisis estadístico se decidió considerar que se trata de un diseño en bloques completos al azar (DBCA), donde las dos parcelas apareadas están dentro de un bloque (Figura 4).

Figura 4. Diseño del experimento

Estrato 1 (8,5 años)		Estrato 2 (6,5 años)	
Bloque 1	Parcela 1	Bloque 4	Parcela 7
	Parcela 4		Parcela 10
Bloque 2	Parcela 2	Bloque 5	Parcela 8
	Parcela 5		Parcela 11
Bloque 3	Parcela 3	Bloque 6	Parcela 9
	Parcela 6		Parcela 12

- ☐ Sin remoción de BEEs
- ☒ Con remoción de BEEs

Cuadro 3. Detalles por parcela

Parcela	Superficie (m2)	Número de cepas iniciales totales	Número de cepas iniciales totales/ha	Número de cepas vivas totales	Número de cepas vivas/ha	Número de rebrotes totales	Número de rebrotes/ha
1	533	66	1238	32	600	41	769
4	565,6	70	1238	35	619	42	743
2	515,2	77	1494	40	776	45	873
5	681,3	82	1204	45	661	47	690
7	579,7	75	1294	40	690	63	1087
10	731,4	96	1313	41	561	59	807
8	603,7	72	1193	29	480	48	795
11	611,7	81	1324	43	703	56	915
9	647,6	90	1390	52	803	73	1127
12	935,6	103	1101	59	631	82	876

El número de cepas iniciales totales son los “espacios” existentes en cada parcela, donde al menos inicialmente fue plantado un árbol. Luego de la muerte de algunas, quedan las cepas vivas, que pueden tener uno, dos o tres rebrotes, por lo que una particularidad en los rodales tallares es que se tiene en cuenta el número de rebrotes por cepa.

Cabe destacar que durante la instalación de las parcelas hubo un error y la parcela 6 que no debería haber tenido remoción de BEEs, sí la tuvo, por lo que para el análisis se decidió excluir las dos parcelas apareadas (3 y 6).

Cuadro 4. Detalles por estrato

Estrato	Tratamiento	Cepas vivas/ha	Cepas vivas (%)	No. de rebrotes/ha
8,5 años	S/R	688	50	821
	C/R	640	52	716
6,5 años	S/R	658	50	1003
	C/R	631	51	866

Cuadro 5. Fechas de cosecha, manejo de rebrotes y remoción de BEEs

	Cosecha rodal original	Manejo de rebrotes	Remoción de BEEs
Estrato 1 (8,5 años)	noviembre 2008	enero - febrero 2011	noviembre 2014 - febrero 2015
Estrato 2 (6,5 años)	octubre 2010	noviembre – diciembre 2013	noviembre 2014 - febrero 2015

En el manejo de rebrotes se dejó uno, dos, o a lo sumo tres rebrotes dominantes por cepa, como forma de compensar las pérdidas.

La cosecha de los árboles fue mecanizada, realizándose mediante Harvester y Forwarder.

La remoción de los BEEs se realizó en la misma fecha para los dos estratos existentes. Para el estrato 1 la remoción se realizó 3 años después de la selección de rebrotes, cuando el taller tenía aproximadamente 6 años de edad. Para el estrato 2 la remoción se realizó 1-2 años después del manejo de rebrotes, con una edad aproximada del taller de 4 años (Cuadro 5).

3.3. EVALUACIÓN DEL EXPERIMENTO

Las mediciones se realizaron en dos oportunidades, al momento de la remoción de los BEEs y aproximadamente 27 meses después (Cuadro 6), en este último caso, en el marco de este trabajo.

Cuadro 6. Fechas de toma de datos

	Fecha
Primera toma de datos	diciembre 2014 - enero 2015
Segunda toma de datos	marzo 2017

Para que un BEE fuera considerado como tal en cada evaluación, debía cumplir con los siguientes criterios:

- a. Ser vertical, y estar por debajo del metro de altura.
- b. El diámetro de la base del BEE debe ser de por lo menos 2cm.
- c. Debe estar vivo y poseer hojas fotosintéticamente activas.
- d. Se incluyen también en la evaluación, ramas basales subdominantes que se comportan como BEEs pero que se originan a menos de 0,5 m de altura.
- f. En base a los criterios anteriores, se registró el número de BEEs.

Se determinaron las siguientes mediciones:

- Circunferencia a la altura del pecho (CAP) de los rebrotes principales (pueden tener entre 1 a 3 por cepa). Se utilizó cinta diamétrica. Luego se convirtieron estos valores a diámetro a la altura del pecho (DAP).
- CAP de los BEEs, siendo C1 la circunferencia del BEE más fino y C2 del BEE más grueso de cada cepa. Se utilizó cinta diamétrica.
- Altura total de los tallos principales (Ht) de cada cepa. Se utilizó clinómetro Suunto.
- Altura de los BEEs. Para determinar altura del BEE medio dominante se midió el más alto en cada cepa.

- Número de BEEs vivos en cada cepa, y el número de BEEs totales (donde se incluyen los muertos).
- De las cepas vivas se registró si los BEEs presentaban hojas adultas. Se realizó una relación de cepas con BEEs con hojas adultas/cepas con BEEs totales (ver anexo IV).

En la primera toma de datos se registró el número de BEEs que presentaban hojas adultas, mientras que en la segunda medición solamente se registró la presencia de estas.

A modo de aislar el “efecto borde” se midieron las 5 filas centrales.

Para la comparación de los datos del crecimiento actual se estudió separadamente por estrato, ya que entre estos existen 2 años de diferencia de edad, y no sería correcto analizarlos en conjunto. Para cada variable, además, se estudió el Incremento Corriente Anual (ICA) el cual expresa la diferencia en el valor de un determinado parámetro (por ejemplo DAP y Ht), en un período de tiempo de un año, es decir, evalúa la variación de dicho parámetro entre dos años consecutivos. Si bien los lleva a un “nivel comparable” se consideró que analizarlos según estrato permitiría percibir más sensiblemente las diferencias.

En base a los datos recabados se calculó el área basal y volumen total por hectárea. Se calculó además el Incremento Medio Anual (IMA) para volumen total. Se calcula dividiendo el tamaño actual para el parámetro, entre su edad. Los cuadros del Anexo II muestran de forma simple una comparación entre años para cada bloque, basándose en promedios generales para cada variable.

El factor de forma utilizado para el cálculo del volumen es de 0,5, que es un valor de referencia para los *Eucalyptus spp.* plantados en Uruguay.¹ Debido a que la altura medida es la total, es posible que este valor de factor de forma debiera ser menor a 0,5, por lo tanto deben relativizarse los valores de volumen. También debe considerarse que los volúmenes presentados incluyen la corteza, que puede llegar a representar alrededor de un 15% del volumen total. No obstante lo anterior, los volúmenes presentados son igualmente útiles para la comparación entre tratamientos.

3.3.1. Mortalidad y fallas

Para la evaluación de la mortalidad se distinguieron cuatro tipos de condiciones: cepas vivas, cepas que murieron durante la primera rotación o faltantes (f), muertas luego durante la instalación y desarrollo del tallar actual (m) y aquellas que no presentaban tallos principales pero tenían chupones en la zona baja (datos en blanco).

¹ Morás, G. 2017. Com. personal.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DEL REBROTE PRINCIPAL

La remoción de los BEEs no afectó el crecimiento ni el volumen producido de los talleres de 6,5 ni de 8,5 años de edad. El DAP, altura, y volumen de los rebrotes principales con remoción de BEEs no mostraron diferencias significativas en comparación con el control. Tampoco se encontraron diferencias entre los tratamientos para el ICA de cada una de esas variables, desde el año de aplicación del tratamiento hasta 2 años después (Cuadros 7 y 8).

Cuadro 7. Medias del crecimiento del rebrote principal de 6,5 años de edad, dos años luego de la aplicación del tratamiento de remoción de BEEs

	DAP (cm)	ICA DAP (cm)	Altura (m)	ICA altura (m)	Vol. (m3/ha)	IMA Vol. (m3/ha/año)	ICA volumen (m3/ha/año)
Sin remoción	11,80	1,14	11,78	1,10	75,64	10,81	17,78
Con remoción	12,14	1,4	11,93	1,43	73,19	10,46	16,82
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns: no significativo ($p>0,05$)

DAP: diámetro a la altura del pecho

ICA: incremento corriente anual

IMA: incremento medio anual

Cuadro 8. Medias del crecimiento del rebrote dominante de 8,5 años de edad, dos años luego de la aplicación del tratamiento de remoción de BEEs

	DAP (cm)	ICA DAP (cm)	Altura (m)	ICA altura (m)	Vol. (m ³ /ha)	IMA Vol. (m ³ /ha/año)	ICA volumen (m ³ /ha/año)
Sin remoción	16	0,94	15,14	0,99	162,73	18,08	25,72
Con remoción	17,77	1,37	16,31	1,27	195,88	21,76	36,25
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns: no significativo ($p > 0,05$)

DAP: diámetro a la altura del pecho

ICA: incremento corriente anual

IMA: incremento medio anual

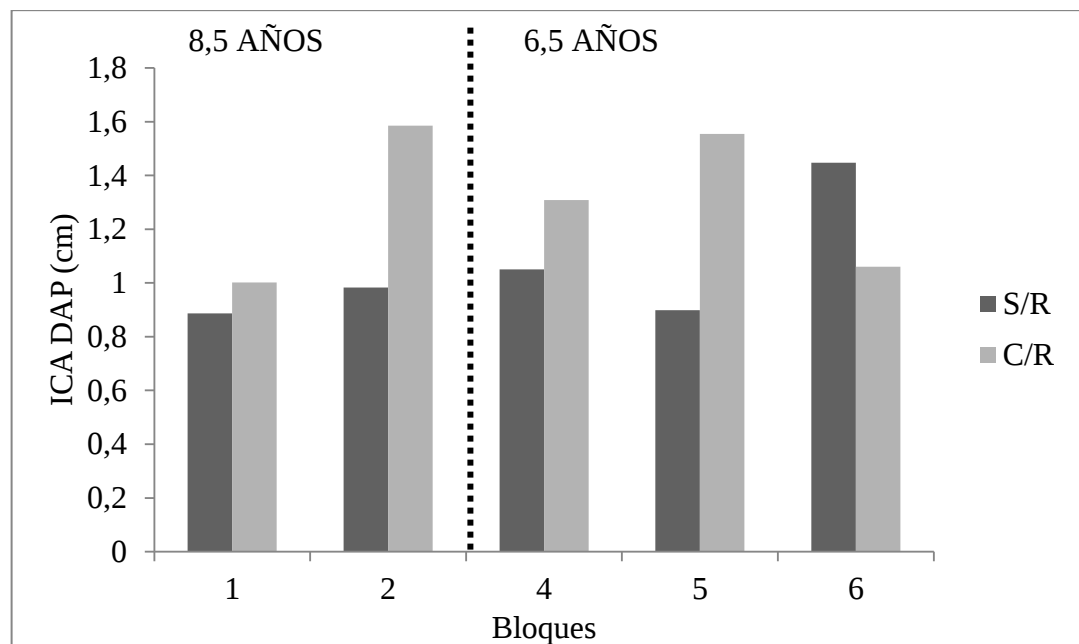
Si bien las diferencias no son estadísticamente significativas, especialmente en el estrato de 8,5 el tratamiento de remoción de BEEs resultó en mayores crecimientos. Esto podría explicarse según lo mencionado por Hawley y Smith (1982) debido a que las ramas más bajas ya debilitadas poseen mayores pérdidas de hidratos de carbono por respiración, que las ganancias por fotosíntesis. La remoción de BEEs en algunos casos podría actuar como un leve estímulo del crecimiento, al eliminar una fosa.

Desrochers et al. (2014) mencionan que los rebrotes epicórmicos, comúnmente producidos rápidamente luego de una poda, pueden tener una muy alta tasa de crecimiento y mucha biomasa, transformándose en poderosas fosas de carbohidratos, reduciendo el crecimiento o provocando un estancamiento del crecimiento de los fustes principales.

4.1.1. Diámetro a la altura del pecho

A pesar de que no se encontraron diferencias significativas, se realizó un gráfico a modo de apreciar visualmente el comportamiento del crecimiento en DAP, donde se comparan los incrementos para cada bloque y cada tratamiento, para ambos estratos (Gráfico 2).

Gráfico 2. Comparación de incremento corriente anual de diámetro a la altura del pecho (ICA DAP) de rebrotes dominantes, entre tratamiento sin remoción de BEEs (S/R), y con remoción de BEEs (C/R)



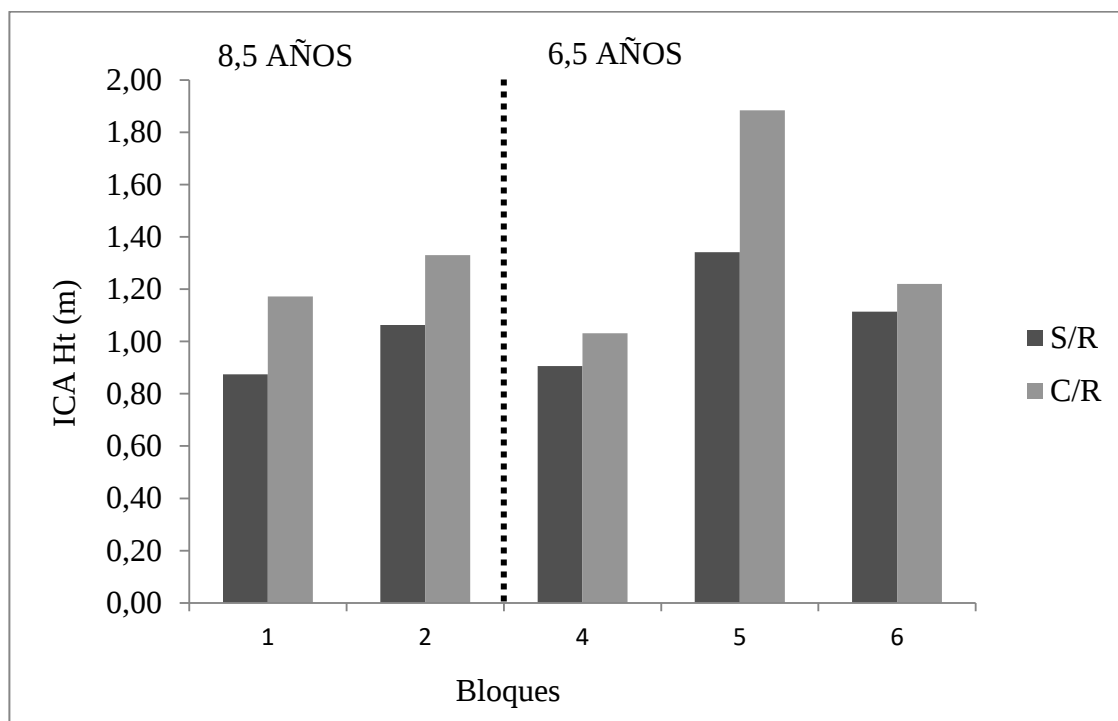
Al analizar el área basal de los rebrotes principales para determinar el nivel de competencia en que se encontraban los árboles del rodal, se vio que no existen diferencias significativas para ninguna de las edades.

4.1.2. Altura

La remoción de los BEEs no tuvo efecto en la altura ni en su ICA, para los rebrotes dominantes de 6,5 años de edad, ni para los de 8,5 años.

Aunque no estadísticamente significativo, en todos los casos las parcelas con remoción de BEEs tuvieron un ICA en altura superior al control (Gráfico 3).

Gráfico 3. Comparación de incremento en altura (ICA Ht) de rebrotes dominantes, entre tratamiento sin remoción de BEEs (S/R), y con remoción de BEEs (C/R)



Según Aguilar (2004) existe una relación no lineal entre la altura de los árboles y su correspondiente valor del diámetro a la altura del pecho. Estas relaciones son afectadas por la calidad de sitio y la densidad del rodal, así por ejemplo en un gráfico la curva de alturas de rodales jóvenes en sitios buenos en general tiene una pendiente más fuerte, con edades mayores y en sitios malos, la pendiente se aplanan.

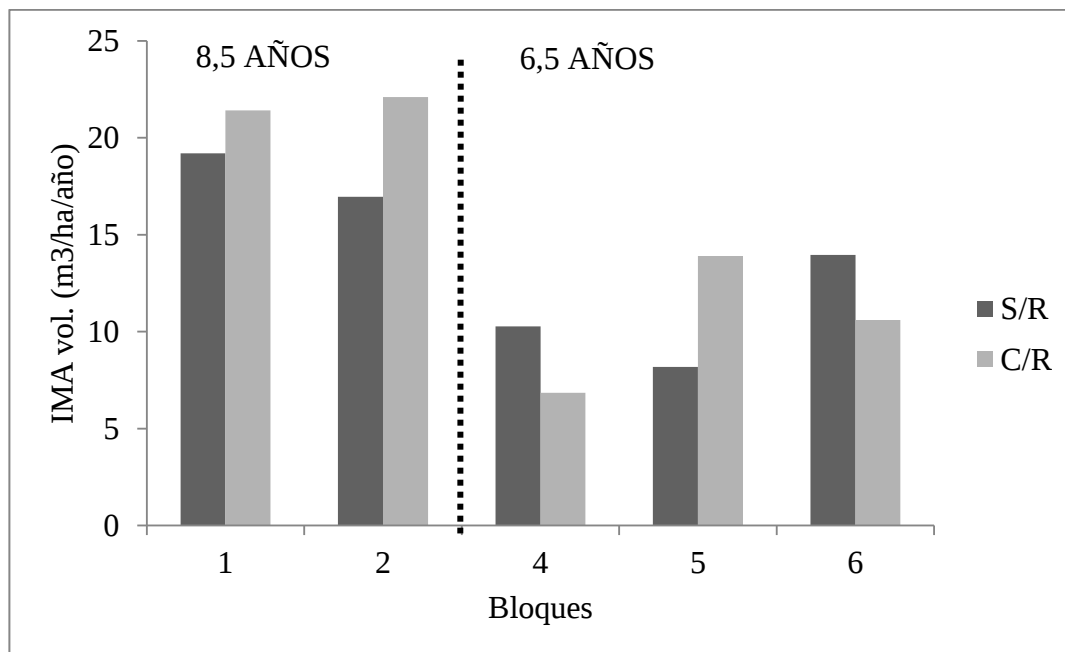
No se constataron relaciones claras al analizar los tipos de suelo en donde se encuentran las parcelas, para intentar explicar por ejemplo el mayor incremento en el bloque 5.

4.1.3. Volumen total

El volumen no resultó con diferencias significativas para ninguno de los estratos. Sin embargo, cabe destacar que existe una diferencia de aproximadamente 30 m³/ha entre las parcelas a las que se removieron los brotes ladrones y las sin remoción para los árboles de 8,5 años de edad (Gráfico 4) que podría tener una incidencia económica importante.

Dado que las parcelas con remoción contaban, para este estrato, con una ventaja en volumen/ha en 2015, se decidió realizar el ICA vol. (Cuadros 7 y 8) para realizar una comparación más adecuada entre tratamientos. Existe una diferencia de aproximadamente 10 m³/ha/año a favor del tratamiento con remoción.

Gráfico 4. Comparación de incremento de volumen de rebrotes dominantes, entre tratamiento sin remoción de BEEs (S/R), y con remoción de BEEs (C/R)



Dadas las diferencias encontradas entre bloques en el estrato de 6,5 años, se trató de explicarlas mediante datos de mortalidad, pero al analizarlo tampoco se encuentran relaciones claras (Anexo III).

Aproximadamente el 80% de las cepas vivas (en ambos estratos) poseen BEEs con hojas juveniles, por lo que probablemente un alto porcentaje de estos estaban con un elevado nivel de afectación por *Teratosphaeria nubilosa*. Esto quiere decir que podrían estar actuando como fosas por una disminución de su capacidad fotosintética, lo que pudo dar lugar a una competencia con el rebrote principal, afectando su crecimiento en volumen. Esto parece claro para el estrato de 8,5 años, pero no para el de 6,5 años. Posiblemente otros factores estén afectando el crecimiento de los brotes principales.

4.2. EVALUACIÓN DE LA MORTALIDAD

No se encontró un efecto significativo de la remoción de los BEEs en la mortalidad (Cuadro 9).

Cuadro 9. Medias de incremento en mortalidad entre 2015 y 2017 para el tratamiento con remoción de BEEs y sin remoción de BEEs

	Incremento en mortalidad (%)
Con remoción	3,07 A
Sin remoción	1,50 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Se constató que la mortalidad es alta en todas las parcelas, tanto con remoción como sin remoción de BEEs (ver Anexo III). Esto puede deberse al estado sanitario en que se encontraba el monte. La mancha foliar genera efectos negativos sobre la productividad, aumentando la susceptibilidad a factores abióticos, como heladas o sequías, que muchas veces son determinantes de la muerte del árbol severamente afectado.

Por otra parte, la menor intercepción de luz, debido a la defoliación causada por el hongo, permitió un aumento en la presencia de malezas. La competencia ejercida por estas a nivel de suelo puede determinar un mayor debilitamiento de los árboles haciéndolo más susceptible al estrés biótico o al ataque de plagas.

En el caso del gorgojo, causó defoliación parcial: limbo foliar por larvas y margen foliar por adultos. Causó la pérdida del brote apical por defoliación. Esta plaga provoca mayor daño en el tercio superior del árbol, y el consumo de los brotes y hojas

tienden a disminuir el vigor del árbol, así como su crecimiento, dejándolo susceptible al ataque de otros agentes bióticos.

4.3. EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE BEEs

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento con remoción de BEEs y sin remoción, para número de BEEs totales por árbol ni número de BEEs vivos/árbol, para ninguna de las edades. Tampoco existen diferencias significativas para DAP y para altura, pero sí existen diferencias en los ICA de cada una (Cuadros 10 y 11).

Cuadro 10. Medias del crecimiento de BEEs de los rebrotes de 6,5 años, dos años luego de la aplicación del tratamiento de remoción de BEEs

	No. BEEs totales / árbol	No. BEEs vivos / árbol	DAP	ICA DAP	Altura	ICA altura
Sin remoción	2,77	2,61	2,22	0,45	4,25	0,75
Con remoción	2,66	2,61	2,11	1,05	3,94	1,97
	ns	ns	ns	p<0,05	ns	P<0,05

ns: no significativo ($p>0,05$)

DAP: diámetro a la altura del pecho

ICA: incremento corriente anual

IMA: incremento medio anual

Cuadro 11. Medias del crecimiento de BEEs de los rebrotes de 8,5 años, dos años luego de la aplicación del tratamiento de remoción de BEEs

	No. BEEs totales / árbol	No. BEEs vivos / árbol	DAP	ICA DAP	Altura	ICA altura
Sin remoción	3,91	3,56	2,88	0,20	5,53	0,48
Con remoción	2,55	2,37	2,11	1,05	4,44	2,22
	ns	ns	ns	p<0,05	ns	P<0,05

ns: no significativo ($p>0,05$)

DAP: diámetro a la altura del pecho

ICA: incremento corriente anual

IMA: incremento medio anual

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Meier et al. (2012), donde la remoción de brotes epicórmicos provocó una situación de estrés y como consecuencia, el árbol pudo haber destinado fotoasimilados para la nueva brotación de BEEs. Además, la producción de auxinas de sus hojas controlaba la brotación de yemas que estaban en la base del el tronco, y al cortar los brotes, estas hormonas bajan su concentración permitiendo que las yemas epicórmicas salgan de la paradormancia.

A lo anterior además se le suma que las parcelas son relativamente poco densas, permitiendo buen pasaje de luz al sotobosque. A pesar que Meier et al. (2012) mencionan que existen evidencias que la luz no es un factor primario o esencial estimulante para la iniciación de los brotes en los estándares naturales, Gordon et al. (2006) sostienen que la exposición a la luz de zonas bajas del árbol promueven el vigor y el crecimiento de los brotes epicórmicos.

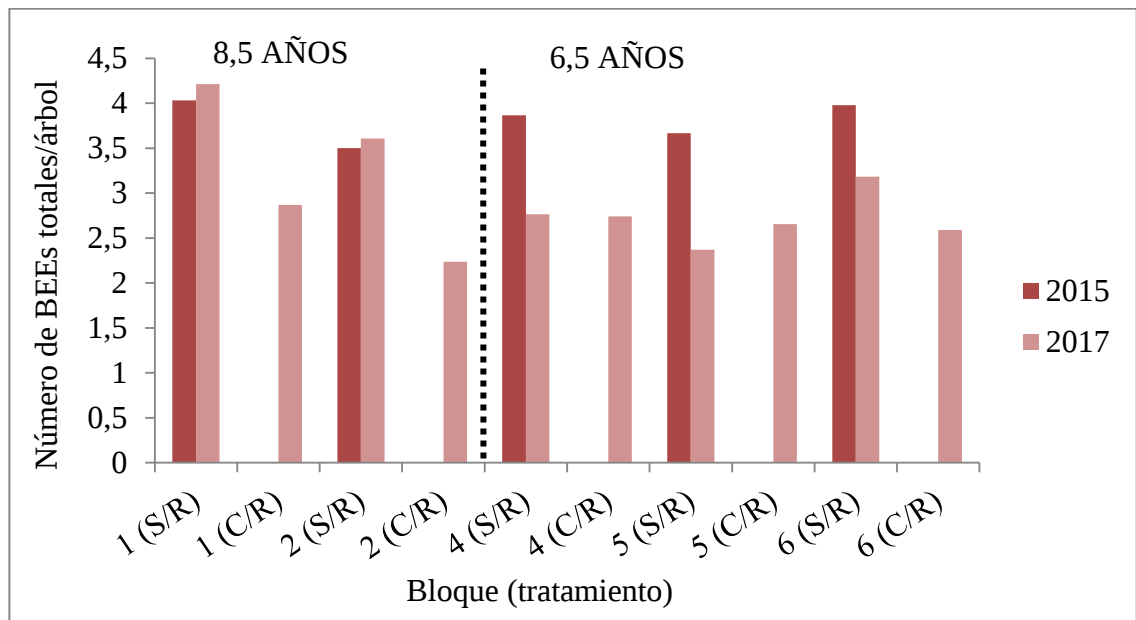
4.3.1. Número de BEEs

Para el número promedio de BEEs por árbol, lo esperable era que hubiese diferencias significativas entre tratamientos, es decir, que en las que se aplicó remoción continuaran sin BEEs o con un número mínimo de estos. Pero esto no ocurrió para ninguna de las edades. Esto quiere decir que en la mayoría de casos el número de BEEs volvió a ser el mismo a pesar de la aplicación del tratamiento. Además, el porcentaje de brotes epicórmicos vivos siempre es alto.

El número de BEEs promedio por bloques para los bloques con árboles de 8,5 años, en parcelas sin remoción crecen muy levemente. Se observa cómo se mantiene un cierto equilibrio entre los BEEs una vez alcanzado una etapa avanzada de desarrollo, la tasa de crecimiento se hace cada vez más decreciente. Si bien la remoción de BEEs actuó como estímulo para la rebrotación, el número de BEEs que volvieron aparecer no logró alcanzar al de las parcelas sin remoción. Sin embargo, se sabe que la tasa de crecimiento de estos BEEs es alta, por lo tanto es probable que poco tiempo después logren superar el desarrollo de los BEEs del tratamiento sin remoción, o por lo menos alcanzarlo.

Para los árboles de 6,5 años, las parcelas con remoción de BEEs presentan crecimientos relativamente homogéneos. En las parcelas sin remoción existe descenso general en el valor de número de BEEs por árbol. Posiblemente esto se deba a la mortalidad natural que sufren los rebrotes debido probablemente, a factores sanitarios, hecho que se repite en todos los bloques. El número de rebrotes descendió debido a la muerte de los BEEs más finos; este hecho tiene sentido si se observan en los gráficos de DAP y altura de los BEEs, cómo en promedio, los DAP y altura de ambos estratos son similares, pese a la diferencia de 2 años se lleva uno del otro.

Gráfico 5. Número de BEEs totales/árb. para cada bloque, en los años 2015 y 2017, según tratamiento de remoción de BEEs (C/R) y sin remoción (S/R)

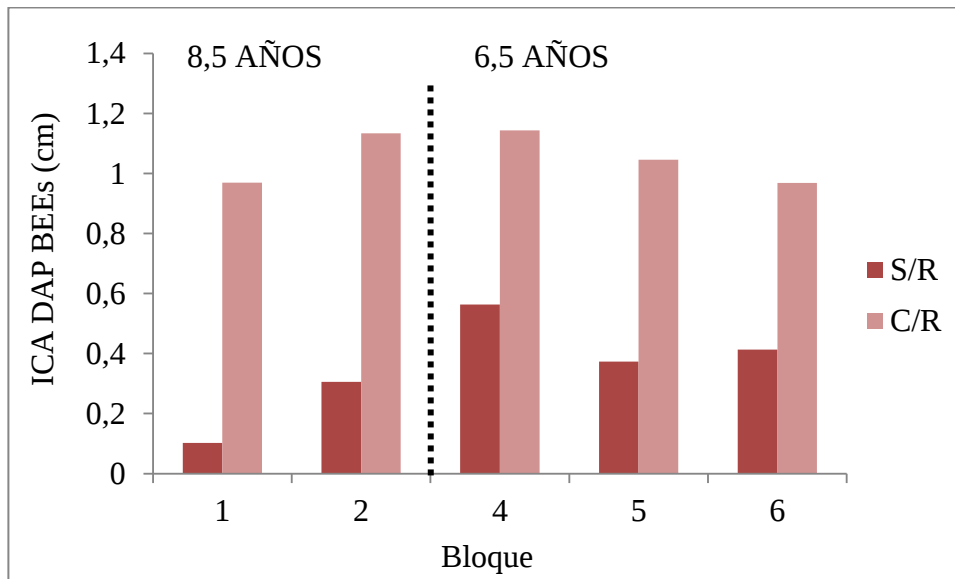


4.3.2. Diámetro a la altura del pecho

La remoción de los BEEs no tuvo efecto en el DAP de los brotes epicórmicos, pero sí en su ICA en el período, para ambas edades.

La insignificancia de la remoción de los BEEs confirma que las parcelas donde éstos fueron removidos, lograron crecer nuevamente y recuperaron un diámetro similar al de las parcelas sin remoción. Esto está justificado por los mayores incrementos en DAP que tuvieron estos BEEs.

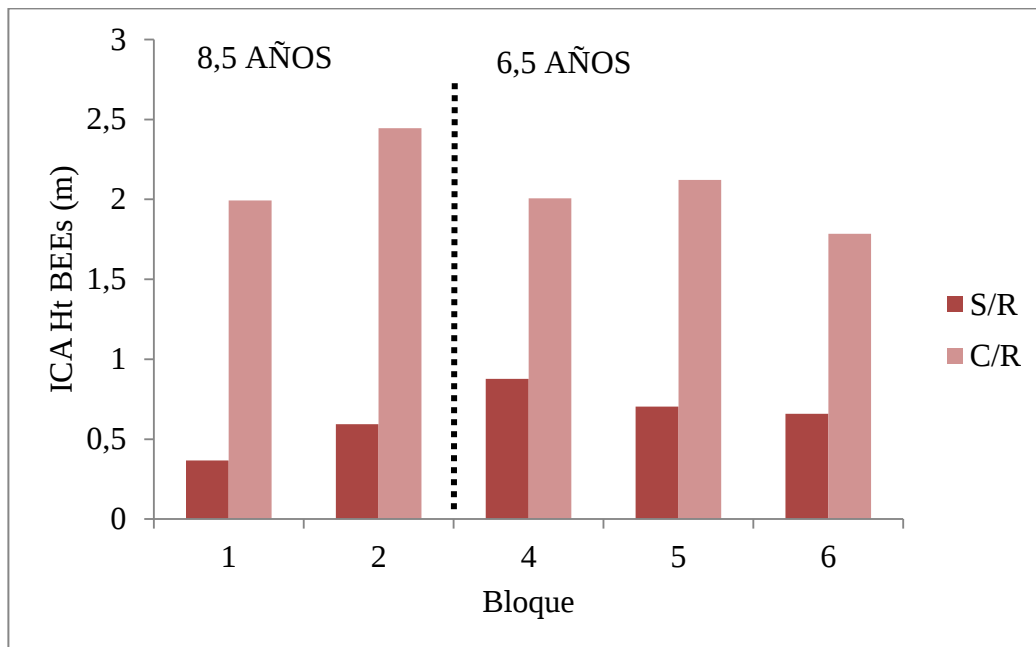
Gráfico 6. Comparación de incremento corriente anual de DAP de los BEEs entre los bloques, según tratamiento de remoción de los BEEs, y sin remoción



4.3.2. Altura

Para la variable Altura total de los BEEs dominantes, tampoco existen diferencias significativas en la remoción de los brotes epicórmicos. Dándose una situación muy similar a lo ocurrido con el DAP, en donde las parcelas en las que se le removieron los brotes, volvieron a recuperarlos y éstos alcanzaron una altura similar a las parcelas sin remoción. Además, el ICA en Altura es muy superior en parcelas con remoción.

Gráfico 7. Comparación de incremento corriente anual de altura de los BEEs entre los bloques, según tratamiento de remoción de los BEEs, y sin remoción



4.4. COMPARACIÓN ENTRE ÁREAS BASALES Y VOLÚMENES DE BEEs Y DE REBROTOS

En el momento de la instalación del experimento (ene-2015) los árboles del estrato de 8,5 años tenían una relación AB BEEs/AB rebrotes y volumen total BEEs/vol. total rebrotes superiores a los árboles del estrato de 6,5 años (Cuadros 12 y 13). Relaciones altas al momento de la intervención podrían indicar que los BEEs tienen un mayor efecto competitivo por los fotoasimilados de los brotes principales.

Cuadro 12. Áreas basales de BEEs, de rebrotes por hectárea, y la relación entre ambas, para parcelas sin remoción de BEEs en el año 2015

Estrato	Parcela	AB m2/ha BEEs	AB m2/ha rebrotos	Relación AB BEEs/ AB rebrotos (%)
8,5 años	1	1,389	15,159	9,2
	2	1,023	14,884	6,9
Promedio				8,0
6,5 años	7	0,420	8,210	5,1
	8	0,251	6,147	4,1
	9	0,446	9,196	4,8
Promedio				4,7

Cuadro 13. Volumen de BEEs, y de rebrotes por parcela, y la relación entre ambas, para parcelas sin remoción de BEEs en el año 2015

Estrato	Parcela	Vol. BEEs m3/parcela	Vol. rebrote m3/parcela	Relación vol. BEEs/ vol. rebrotos (%)
8,5 años	1	0,189	6,201	3,1
	2	0,117	5,408	2,2
Promedio				2,6
6,5 años	7	0,041	2,288	1,8
	8	0,020	1,874	1,1
	9	0,048	3,197	1,5
Promedio				1,5

Estos valores en el estrato de 8,5 años pueden explicar la diferencia en volumen resultante entre el tratamiento con remoción de BEEs y sin remoción, que a pesar de no ser significativa es de 33,1 m³/ha, siendo un valor que podría tener implicancia económica. Esto debería ser validado con una nueva medición previa a la cosecha, o con nuevos experimentos donde se puedan controlar una mayor cantidad de variables.

No obstante, algunas respuestas positivas con la aplicación del tratamiento con remoción de BEEs para el estrato de 8,5 años, pueden justificar una línea de investigación tanto en *Eucalyptus globulus ssp. globulus* como en otras especies del género.

5. CONCLUSIONES

La aplicación del tratamiento de remoción de los brotes epicórmicos excedentarios en un monte próximo a su cosecha no tuvo efectos significativos en el crecimiento en altura, diámetro a la altura del pecho ni tampoco para volumen en los árboles de 6,5 y 8,5 años de edad, así como para el ICA altura e IMA.

En cuanto al crecimiento de los BEEs, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, para ambos estratos, en el ICA DAP e ICA altura. No se encontraron diferencias significativas para DAP, altura, número de BEEs por árbol y número de BEEs vivos. Esto indica que los mismos volvieron a brotar, crecer y alcanzar alturas y diámetros similares a las parcelas sin remoción en el transcurso de 2 años.

La formación de estos rebrotes “ladrones” se da principalmente en respuesta al estrés y su crecimiento es potenciado por la luz. La remoción de BEEs provocó un desbalance de auxinas/citoquininas; además, el árbol en respuesta a este estrés generado, destinó fotoasimilados para la brotación de yemas epicórmicas que producen nuevos rebrotes “ladrones”. Durante sus primeras etapas de desarrollo estos rebrotes actúan inicialmente como fosa de fotoasimilados, hasta que alcanzan un equilibrio. El *Eucalyptus globulus ssp globulus* es una especie cuya estructura de copa permite la entrada de luz al sotobosque, por lo tanto, es común ver montes altamente enmalezados y con un gran número de rebrotes en la base del árbol.

6. RESUMEN

E. globulus ssp globulus es una especie con altos rendimientos en la fase industrial de producción de pulpa, razón por la cual es cultivada con ese destino en diversas partes del mundo y en el Uruguay. Sin embargo, es una especie muy afectada por diversos agentes bióticos y abióticos que tienden a disminuir su potencial productivo. El objetivo de este trabajo es evaluar la remoción de rebrotes epicórmicos excedentarios (“ladrones”) de *Eucalyptus globulus ssp globulus*, próximos a su cosecha, sobre supervivencia y crecimiento en un tallar (DAP, altura total y comercial). Se decide aplicar un tratamiento de remoción de rebrotes ladrones T1 y compararlos con parcelas testigos T0, conformando 6 bloques con 2 parcelas cada uno, distribuidos al azar en el predio. La mitad de los bloques (3) pertenecen al estrato 1, cosechado en el año 2008 cuya edad actual es de 8,5 años; la otra mitad pertenecen al estrato 2, cosechado en el año 2010 y tienen 6,5 años de edad. Se midieron el DAP y altura de todos los fustes del experimento, y en base a un criterio establecido para determinar qué rebrotes ladrones se evalúan, se midieron el DAP de todos los rebrotes ladrones, altura de rebrote dominante, número de rebrotes totales y cuáles estaban vivos. Las mediciones se realizaron en 2 años; la primera en el año 2015 luego de aplicado el tratamiento, y la segunda en el año 2017. Luego de esos dos años, se pudo constatar que la remoción de los brotes epicórmicos excedentarios no resultó en diferencias significativas para DAP, ICA DAP, altura, ICA altura, volumen, ICA volumen e IMA volumen, tanto para los árboles de 6,5 años como de 8,5 años. Por su parte, las parcelas con remoción recuperaron todos los rebrotes extraídos en el 2015 evidenciado por un porcentaje de rebrotes vivos muy alto, cuyos DAP y altura son similares a los de las parcelas testigos, por lo que desde el punto de vista estadístico no existieron diferencias significativas entre ambos tratamientos. Este hecho se puede explicar porque la remoción de estos rebrotes generó un estrés al árbol (similar a lo que ocurre con una poda) que potenciado por la luz, son los principales promotores de la brotación. La zona dañada provocó que las yemas que estaban inhibidas en el desarrollo por una corriente de auxinas producidas por las hojas de los rebrotes ladrones ya crecidos comenzarán a desarrollarse debido a se elimina esta inhibición. La arquitectura de copa de esta especie y la ausencia de los rebrotes ladrones estimuló el crecimiento de los nuevos brotes.

Palabras clave: Brotes epicórmicos excedentarios (“ladrones”); *Eucalyptus globulus ssp globulus*; Rebrotación; Crecimiento de los fustes.

7. SUMMARY

E. globulus spp globulus is a species with high plant yields, which is why it is grown for pulp production in the country. However, it is a species very affected by diverse biotic and abiotic agents that tend to diminish its productive potential. The objective of this work is to evaluate the efficiency of the treatment of removal of epicormic sprouts ("thieves") in *Eucalyptus globulus spp.* close to their harvest on survival and growth (DBH, total and commercial height). It was decided to apply a treatment of removal of T1 sprouts and compare them with control plots T0, forming 6 blocks with 2 plots each, distributed randomly in the plot. Half of the blocks (3) belong to stratum 1, harvested in 2008 whose current age is 8,5 years; the other half belong to stratum 2, harvested in 2010 and are 6,5 years old. The DAP and height were measured from all the shanks/shafts of the experiment, and based on a criterion established to determine which sprouts were evaluated, the DAP of all "thiefs" sprouts, height of dominant regrowth, number of total sprouts and alive. The measurements were made in 2 years; the first in 2015 after the treatment was applied, and the second in 2017. After those two years, it was found that the removal of the excess epicormic shoots did not result in significant differences for DAP, ICA DAP, height, ICA height, volume, ICA volume and IMA volume, both for the 6.5-year-old trees about 8.5 years. On the other hand, the plots with removal recovered all the sprouts extracted in 2015, evidenced by a very high percentage of live sprouts, whose DBH and height are similar to those of the control plots, so from a statistical point of view there were no significant differences between both treatments. This fact can be explained why the removal of these sprouts generated a stress on the tree (similar to what happens with a pruning) that, together with the light, are the main promoters of sprouting. The damaged area caused that the buds that were inhibited in the development by a current of auxins produced by the leaves of the burglar sprouts already grown will begin to develop due to the elimination of this inhibition. The crown architecture of this species and the absence of thieves sprouts stimulated the growth of new shoots.

Key words: Epicormic sprouts ("thieves"); *Eucalyptus globulus spp globulus*; Regrowth; Trunk's growth.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar, D. 2004. Estudio de las relaciones altura-diámetro para seis especies maderables utilizadas en programas de reforestación en la Zona Sur de Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*. 1(2):33-35.
2. Altamirano, A.; Da Silva, H.; Durán, A.; Echevarria, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: clasificación de suelos. Montevideo, MAP. DSF. t.1, 96 p.
3. Burrows, G. 2002. Epicormic strand structure in *Angophora*, *Eucalyptus* and *Lophostemon* (Myrtaceae)-implications for fire resistance and recovery. *New Phytologist*. 153(1):111-131.
4. Colin, F.; Robert, N.; Druelle, J. L.; Fontaine, F. 2008. Initial spacing has little influence on transient epicormic shoots in a 20-year-old sessile oak plantation. *Annals of Forest Science*. 65(5):1-3.
5. Deal, R. L.; Barbour, R. J.; McClellan, M. H.; Parry, D. L. 2003. Development of epicormic sprouts in Sitka spruce following thinning and pruning in south-east Alaska. *Forestry*. 76(4):401-412.
6. Desrochers, A.; Maurin, V.; Tarroux, E. 2014. Production and role of epicormic shoots in pruned hybrid poplar: effects of clone, pruning season and intensity. *Annals of Forest Science*. 72(4):425-434.
7. Ferrari, M. P.; Ferreira, C. A.; da Silva, H. D. 2004. Condução de plantios de *Eucalyptus* em sistema de talhadia. *EMBRAPA Florestas*. no. 104:12-28.
8. Gordon, D.; Rosati, A.; Damiano, C.; Dejong, T. M. 2006. Seasonal effects of light exposure, temperature, trunk growth and plant carbohydrate status on the initiation and growth of epicormic shoots in *Prunus persica*. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*. 81(3):421-428.
9. Granados Sánchez, D.; López Ríos, G. F. 2007. Fitogeografía y ecología del género *Eucalyptus*. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 13(2):143-156.
10. Hawley, R.; Smith, D. 1982. *Silvicultura práctica*. Barcelona, Omega. 544 p.

11. Ishii, H. T.; Ford, E. D.; Kennedy, M. C. 2007. Physiological and ecological implications of adaptive reiteration as a mechanism for crown maintenance and longevity. *Tree Physiology*. 27(3):455-462.
12. Jacobs, R. 1981. El eucalipto en la repoblación forestal. 2ª. ed. Roma, FAO. 694 p. (FAO. Estudios de Silvicultura y Productos Forestales no. 11).
13. Junior, J. C. A.; Bazani, J. H.; Hakamada, R. E.; Rocha, J. H. T.; de Melo, E. A.; de Moraes Gonçalves, J. L. 2015. Avanços nas práticas silviculturais no manejo da brotação com enfoque no aumento da produtividade e na redução de custos. IPEF. Série Técnica. 21(42):75-79.
14. Meier, A. R.; Saunders, M. R.; Michler, C. H. 2012. Epicormic buds in trees: a review of bud establishment, development and dormancy release. *Tree Physiology*. 32(5):565-584.
15. Nicolini, E.; Chanson, B.; Bonne, F. 2001. Stem growth and epicormic branch formation in understorey beech trees (*Fagus sylvatica* L.). *Annals of Botany*. 87:737-750.
16. Sprugel, D. G. 2002. When branch autonomy fails: Milton's Law of resource availability and allocation. *Tree Physiology*. 22(15-16):1119-1124.
17. Stape, J. L.; Madaschi, J. C.; Bacacicci, D. D.; Oliveira, M. D. 1993. Manejo de brotação de *Eucalyptus* spp: resultados tecnicos operacionais. IPEF. Circular Técnica. no. 183:13-16.
18. _____. 1997. Planejamento global global e normatização de procedimentos operacionais da talhadia simples em *Eucalyptus*. IPEF. Circular Técnica. no. 30:51-62.
19. _____. 2019. Superficie efectiva total de bosques plantados. (en línea). Anuario Estadístico Agropecuario DIEA 2019:152-166. Consultado ene. 2020. Disponible en <https://www.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2019/Anuario2019>

9. ANEXOS

ANEXO I. Aptitud de uso del suelo

R	Suelo sin aptitud agropecuaria ni forestal. Son suelos cuyo propósito yace en la conservación de la biodiversidad, son tierras usadas para reservas naturales de flora y fauna.
PF	Suelos forestales de uso pastoril. Presentan amplia gama de producción de pasturas y forestales, son tierras silvopastoriles.
r	Condiciones de enraizamiento deficitarias que limitan en espacio disponibles a las raíces que obligando a seleccionar pasturas o especies forestales adaptados a esa condición. Se sugiere el uso de subsolado.
m	Baja disponibilidad de agua que exige selección de plantas adaptadas.
e	Riesgo de erosión que debe ser cuidado aumentando la calidad de los campos naturales con siembra directa y evitar el uso de herbicidas. Evitar plantar en desagües o vías de drenajes. Forestar sin alterar alteración total del tapiz natural, dejando áreas de campo natural para su recuperación fundamentalmente los desagües naturales (es decir, tanto divisorias de agua y vías de drenaje quedan sin plantar, se cortan las melgas en estos lugares). No arar toda la melga, dejar fajas empastadas.
af	Inaccesibilidad de uso forestal al no poder diseñarse una caminería compatible con la conservación del suelo.
ap	Inaccesibilidad al pastoreo.

Letras en mayúscula refieren a una clasificación con enfoque más general y letras minúsculas corresponden a limitantes que presentan dichos grupos de suelos.

ANEXO II. Resumen de los datos de los bloques del experimento

Bloque 1

Año	Block	Trat.	CAP med.	Ht med.	CAP chu. med.	No. chu tot.	Chu. vivos	Ht chu.	% vivos
2015	1	0	46,25	13,919	8,2	4,0		5,1	
2015	1	1	49,369	14,533					
2017	1	0	52,737	15,84	9,0	4,2	3,6	5,81	85,2%
2017	1	1	55,640	16,83	6,1	2,9	2,7	4,0	93,9%

Bloque 2

Año	Block	Trat.	CAP med.	Ht med.	CAP chu. med.	No. chu. tot.	Chu. vivos	Ht chu.	% vivos
2015	2	0	42,457	12,396	6,68	3,50		4,06	
2015	2	1	44,97	12,992					
2017	2	0	47,811	14,442	8,57	3,61	3,54	5,25	98,0%
2017	2	1	56	15,786	7,42	2,24	2,05	4,89	91,5%

Bloque 4

Año	Block	Trat.	CAP med.	Ht med.	CAP chu. med.	No. chu. tot.	Chu. vivos	Ht chu.	% vivos
2015	4	0	28,567	9,055	4,02	3,86		2,68	
2015	4	1	27,109	8,718					
2017	4	0	35,411	10,880	7,94	2,76	2,44	4,44	88,3%
2017	4	1	34,841	10,725	7,30	2,74	2,66	4,01	96,9%

Bloque 5

Año	Block	Trat.	CAP med.	Ht med.	CAP chu. med.	No. chu. tot.	Chu. vivos	Ht chu.	% vivos
2015	5	0	30,135	9,694	4,04	3,67		2,70	
2015	5	1	29,037	8,824					
2017	5	0	35,610	12,224	6,79	2,37	2,33	4,11	98,4%
2017	5	1	41,235	13,115	6,75	2,66	2,62	4,24	98,7%

Bloque 6

Año	Block	Trat.	CAP med.	Ht med.	CAP chu. med.	No. chu. tot.	Chu. vivos	Ht chu.	% vivos
2015	6	0	31,013	10,020	4,05	3,98		2,88	
2015	6	1	31,948	9,631					
2017	6	0	40,230	12,250	7,31	3,18	3,05	4,20	95,9%
2017	6	1	38,350	11,945	6,27	2,59	2,55	3,57	98,2%

ANEXO III. Mortalidad

Mortalidad para el año 2015

AÑO 2015										
Bloque	Tratamiento	No. de cepas Faltantes	Muertas	Solo con BE Faltantes (%)	Muertas (%)	Solo con BE Mortalidad (%)	Supervivencia (%)			
1	1	66	17	12	5	25,8	18,2	7,6	51,5	48,5
	4	70	21	14	0	30	20	0	50	50
2	2	77	17	14	6	22,1	18,2	7,8	48,1	51,9
	5	82	18	19	0	22	23,2	0	45,1	54,9
4	7	75	11	19	5	14,7	25,3	6,7	46,7	53,3
	10	96	31	24	0	32,3	25	0	57,3	42,7
5	8	72	23	17	3	31,9	23,6	4,2	59,7	40,3
	11	81	20	18	0	24,7	22,2	0	46,9	53,1
6	9	90	9	25	4	10	27,8	4,4	42,2	57,8
	12	103	24	19	1	23,3	18,4	1	42,7	57,3
Total		812	191	181	24	23,7	22,2	3,2	49	51

Mortalidad para el año 2017

AÑO 2017										
Bloque	Tratamiento	No. de cepas Faltantes	Muertas	Solo con BE Faltantes (%)	Muertas (%)	Solo con BE Mortalidad (%)	Supervivencia (%)			
1	1	66	16	17	1	24,2	25,8	1,5	51,5	48,5
	4	70	21	14	0	30	20	0	50	50
2	2	77	17	20	2	22,1	26	2,6	50,6	49,4
	5	82	18	21	0	22	25,6	0	47,6	52,4
4	7	75	11	24	2	14,7	32	2,7	49,3	50,7
	10	96	31	26	1	32,3	27,1	1	60,4	39,6
5	8	72	23	19	1	31,9	26,4	1,4	59,7	40,3
	11	81	20	21	1	24,7	25,9	1,2	51,9	48,1
6	9	90	9	30	1	10	33,3	1,1	44,4	55,6
	12	103	24	22	3	23,3	21,4	2,9	47,6	52,4
Total		812	190	214	12	23,5	26,3	1,4	51,3	48,7

ANEXO IV. Número de BEEs

Relación de número de BEEs vivos y número de BEEs totales

	PROMEDIO No. BEEs/árb. medio	PROMEDIO No. BEEs/árb. vivos	BEEs vivos/ BEEs totales
9 años	3,23	2,97	92%
7 años	2,72	2,61	96%

Cepas con hojas adultas

Estrato	Bloque	Tratamiento	TOTAL BEEs/parcela	CEPAS con BEEs hojas adultas	ADULTAS/ totales
1	1	0	28	8	0,29
1	1	1	23	5	0,22
1	2	0	28	3	0,11
1	2	1	21	5	0,24
Promedio					0,21
2	4	0	34	8	0,24
2	4	1	35	5	0,14
2	5	0	27	6	0,22
2	5	1	29	11	0,38
2	6	0	38	15	0,39
2	6	1	44	8	0,18
Promedio					0,26