

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

IMPACTO DE LA INTENSIDAD DE LABOREO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE
BIOMASA EN PLANTACIONES FORESTALES PRÓXIMAS A COSECHA

por

Emiliano NESSI DARRECHE
Gonzalo LUSTEMBERG MARTÍNEZ

Trabajo final de grado presentado
como uno de los
requisitos para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO
URUGUAY
2022

PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo final de grado aprobado por:

Director:

Ing. Agr. PhD. Mario Pérez Bidegain

Ing. Agr. MSc. Maximiliano González

Ing. Agr. Ricardo Buzzo

Fecha:

16 de diciembre de 2022

Autores:

Gonzalo Lustemberg Martínez

Emiliano Nessi Darreche

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias, agradecerles y dedicarles este trabajo por acompañarnos en todos estos años de la carrera y brindarnos apoyo incondicionalmente. A todos los amigos y compañeros de la Facultad de Agronomía por ser un pilar fundamental de la carrera.

Agradecemos a nuestros tutores Mario Pérez Bidegain y Maximiliano González por el apoyo brindado a lo largo de todo este tiempo.

A la empresa Forestal Oriental S.A. por brindarnos el espacio y los recursos para llevar adelante este trabajo, y en particular a su personal, los Ing. Agr. Carmelo Centurión, Ricardo Buzzo y José Pedro Ualde por la buena disposición y por brindar ayuda siempre que fue necesario.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....	VI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL GÉNERO EUCALYPTUS.....	3
2.1.1. Distribución natural y requerimientos ambientales de <i>Eucalyptus grandis</i>	3
2.1.2. Características morfológicas de <i>Eucalyptus grandis</i>	4
2.1.3. Historia y producción actual de <i>Eucalyptus grandis</i> en Uruguay	5
2.2. CRECIMIENTO.....	6
2.2.1. Crecimiento de <i>E. grandis</i> en el territorio	6
2.3. PREPARACIÓN DEL SITIO	7
2.3.1. Preparación de suelos	7
2.3.2. Control de malezas.....	12
2.3.3. Control de hormigas.....	13
2.3.4. Fertilización	14
2.4. RECURSOS NATURALES	15
2.4.1. Suelos Forestales del Uruguay.....	15
2.5. CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DEL SITIO EXPERIMENTAL	18
2.5.1. Caracterización climática	18
2.5.2. Caracterización geológica.....	21
2.5.3. Grupo CONEAT 9.1	22
2.5.4 Gran Grupo Brunosoles.....	22
2.5.5. Gran Grupo Litosoles	22
3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	23

4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
4.1. LOCALIZACIÓN DEL SITIO	24
4.2. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS.....	24
4.2.1. Análisis de parámetros de crecimiento y sobrevivencia	25
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
5.1. RESULTADOS DE ENSAYO 1	28
5.1.1. Supervivencia y análisis de fallas en el fuste.....	28
5.1.2. Altura y Diámetro a la Altura del Pecho	29
5.1.3. Volumen por árbol y Volumen por Hectárea	30
5.2. RESULTADOS DE ENSAYO 2	32
5.2.1. Supervivencia y análisis de fallas en el fuste.....	32
5.2.2. Altura y DAP, Volumen por árbol y Volumen por hectárea.....	33
5.3. INCREMENTO MEDIO ANUAL.....	35
6. CONCLUSIONES	37
7. RESUMEN	38
8. SUMMARY.....	39
9. BIBLIOGRAFÍA	40
10. ANEXOS.....	47

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

Página

Cuadro 1. Características químicas de los suelos de prioridad forestal (Hor. A, primeros 20 cm), comparados con un suelo de aptitud agrícola (CONEAT 11).	16
Cuadro 2. Superficie de prioridad forestal e Índice Medio de Productividad, por grupo CONEAT.....	17
Cuadro 3. Incremento Medio Anual (IMA) con corteza, por tratamiento y ensayo.	36
Figura 1. Área geográfica de distribución natural de <i>E. grandis</i> en Australia.	4
Figura 2. Ubicación geográfica de los suelos de prioridad forestal, según zonas CONEAT.	17
Figura 3. Caracterización del régimen térmico de la zona.....	18
Figura 4. Precipitaciones medias mensuales.	19
Figura 5. Ocurrencia de heladas para el período 1980-2009.....	20
Figura 6. Ubicación de los ensayos (E1 y E2).	24
Figura 7. Criterios de clasificación de fuste brindados por UPM-FO.	27
Figura 8. % de Supervivencia según tratamiento (Ensayo 1).	28
Figura 9. Altura y Diámetro a la Altura del Pecho según tratamiento (Ensayo 1). Medias con una letra en común no muestran diferencias significativas ($p > 0.05$).	30
Figura 10. Volumen por árbol, según tratamiento (Ensayo 1). Medias con una letra en común no muestran diferencias significativas ($p > 0.05$).	31
Figura 11. Volumen por hectárea, según tratamiento (Ensayo 1). Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).	31
Figura 12. % de supervivencia según tratamiento (Ensayo 2).	33
Figura 13. Altura y Diámetro a la Altura del Pecho, según tratamiento (Ensayo 2). Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).	34
Figura 14. Volumen por árbol, según tratamiento (Ensayo 2). Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).	34

Figura 15. Volumen por hectárea, según tratamiento (Ensayo 2). Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)..... 35

1. INTRODUCCIÓN

El sector forestal en el Uruguay se encuentra al amparo de la Ley Forestal No. 15.939, la cual fue promulgada el 28 de diciembre de 1987. El objetivo de esta es la conservación del monte nativo y el ordenamiento de las plantaciones forestales. La "prioridad forestal" de los suelos en el país es una definición técnico-política que se basa en la agrupación de suelos que poseen características que los hacen inadecuados para cualquier otra explotación, por razones de utilidad pública o por su aptitud forestal.

A partir de la producción forestal se derivan distintas cadenas productivas industriales como lo son la cadena industrial celulósico-papelera, que incluye madera rolliza sin tratar, chips, pasta de celulosa, papel y cartón, etc., que es la de mayor peso dentro del sector, y en la cual participan empresas reconocidas mundialmente. En segundo lugar, se encuentra la industria de la transformación mecánica: es decir productos de madera elaborada (madera rolliza tratada, madera aserrada, tableros, carpintería de obra, madera de embalaje, muebles, molduras, etc.). Esta cadena se identifica por la coexistencia de empresas extranjeras y nacionales. Por último, la industria energética que incluye leña, pellets y electricidad producida a partir de biomasa, entre otros (Uruguay XXI, 2018).

Según la Sociedad de Productores Forestales, al año 2017 la superficie afectada por bosques en el Uruguay era de aproximadamente 2 millones de ha, de las cuales un 60% correspondía a bosques plantados y un 40% a bosques nativos. De las aproximadamente 1,2 millones de ha afectadas por plantaciones, el 75% son hectáreas efectivamente plantadas, en tanto que el resto del área se destina a otros usos como el pastoreo, conservación ambiental, cortafuegos y caminería (MGAP. DIEA, 2018).

Debido a la dinámica creciente del sector en el país se buscan optimizar procesos, por ejemplo la mecanización de gran parte de las actividades relacionadas al establecimiento de las plantaciones. En lo que respecta a la preparación del sitio las actividades se orientan al control de malezas y de hormigas, el laboreo de suelos, y la plantación propiamente dicha.

La presencia de impedimentos físicos en los suelos afecta el desarrollo radicular de las plantaciones de *Eucalyptus*, por lo que también se ve afectado el aprovechamiento del agua y los nutrientes en gran parte de las situaciones edafológicas del país; debido a esto

es necesaria la implementación de distintas tecnologías de laboreo. La información generada tanto a nivel nacional como internacional sobre la intensidad de laboreo para plantaciones forestales presenta conclusiones contradictorias en cuanto a sus efectos sobre la producción de madera, por ello en el presente trabajo se busca determinar si en una plantación de *Eucalyptus grandis* próxima a cosecha existen diferencias en la producción de biomasa aérea entre diferentes intensidades de laboreo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL GÉNERO EUCALYPTUS

El género *Eucalyptus* cuenta con unos 600 taxones específicos y sub- específicos originarios en su gran mayoría de Australia e islas vecinas. En el continente australiano la distribución de la especie está directamente relacionada con las diferentes situaciones ecológicas, determinadas fundamentalmente por las condiciones climáticas y tipos de suelos. Muchas de las especies presentan alto grado de sensibilidad al sitio forestal, regulado por las condiciones edáficas, mientras que otras poseen mayor grado de plasticidad respecto a este factor.

Algunas especies muestran una gran área de ocurrencia formando partes de masas naturales (*E. camaldulensis*), en otros casos las áreas, disyuntas y mucho menores en extensión son muy ricas en variaciones ambientales como en el caso de *E. grandis*.

Una de las razones de la gran popularidad de este género como árboles para reforestación está dada por la gran adaptabilidad que presenta, sumado a la diversidad de especies que lo componen, que permite seleccionar las más adecuadas para cada una de las condiciones ambientales particulares de una región.

2.1.1. Distribución natural y requerimientos ambientales de *Eucalyptus grandis*

Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden se localiza naturalmente en el este del continente australiano (ver Figura 1), con diferentes registros altitudinales que van desde 0 a 600 m entre 25° y 33° S, y alrededor de los 1100 m entre 16° y 19° S. La especie se desarrolla bajo climas templados en la zona sur, hasta tropicales en el norte del continente. El promedio de temperaturas máximas en estas áreas va de 24 a 30 °C en el sur y de 29 a 32 °C hacia el norte, registrándose las mínimas de 3-8 °C en el sur y 10-17 °C en el norte. En cuanto a las heladas, éstas son escasas en localizaciones alejadas de la costa. El ambiente se caracteriza por ser húmedo, con precipitaciones estivales y con una media anual que va desde 1000 a 3500 mm (Hall y Marryat, citados por Brussa, 1994). *E. grandis* prefiere suelos con buena capacidad de retención de agua, profundos, de texturas limosas y bien drenados (Kelly, Chippendale y Johnston, citados por Brussa, 1994).

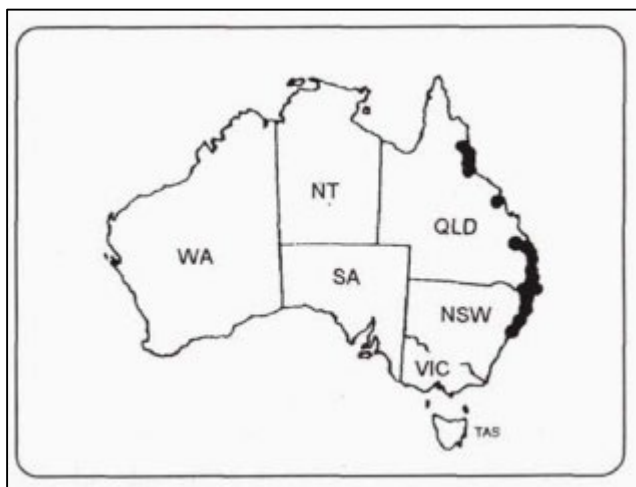


Figura 1. Área geográfica de distribución natural de *E. grandis* en Australia.

Fuente: tomado de Aguerre et al. (1995).

2.1.2. Características morfológicas de *Eucalyptus grandis*

La especie se caracteriza por árboles de gran porte, tronco recto y muy buen desrame natural, con follaje de textura media a gruesa. La corteza es caduca en largas fajas, con ritidoma gris verdoso a gris blanquecino, y la porción basal persiste en el tronco (1 a 3 m de altura).

Las primeras hojas son opuestas, ovales; las juveniles son alternas, con pecíolo de 1 a 2 cm, y forma oval, con ápice agudo, acuminado, base redondeada, verde oscuras en el haz y muy discoloras. Las hojas intermedias son alternas, pecioladas (2 a 2,5 cm), con forma oval-lanceoladas, con ápice agudo, acuminado, base cuneada, y color verde oscuro, muy discoloras. Por último, las adultas son alternas, pecioladas (2 - 2,8 cm), lanceoladas con ápice agudo, acuminado, base cuneada, verde oscuras, discoloras y nervaduras secundarias transversales.

En cuanto a las flores, se encuentran agrupadas en inflorescencias simples (7-11), axilares, sobre pedúnculos achatados. Los botones florales pueden ser ovoides o globosos, generalmente glaucos. Los pedicelos son angulosos (0,1 - 0,4 cm), con opérculo cónico o rostrado, menor que el hipantio.

La floración se da a fines del verano y comienzos del otoño. Existe una segunda floración a comienzos de primavera, pero de menor magnitud. Melífero. Los frutos son piriformes (van de 0,5-1,1 x 0,4-0,9 cm), contraídos en el orificio y parcialmente en la zona central. Posee pedicelos cortos; el discoplan es incluso, muy poco visible, con orificio perforado

por la presencia de valvas (4-5-6) levemente exertas, con forma curva, con los ápices convergentes aún en la madurez (Brussa, 1994).

2.1.3. Historia y producción actual de *Eucalyptus grandis* en Uruguay

El cultivo de *E. grandis* en Uruguay se difunde en la década de 1960 luego que se introdujera en 1963 de huertos semilleros de Sudáfrica, no obstante, ya existían algunas plantaciones con esta especie en los departamentos de San José y Rivera (Tuset y Krall, citados por Brussa, 1994). Actualmente se trata de uno de los cultivos más empleados en forestaciones comerciales por su conformación y velocidad de crecimiento (Brussa, 1994).

Según Arriaga Tamosiunas (2018) las plantaciones de *Eucalyptus grandis* y sus híbridos se concentran principalmente en los departamentos de Rivera, Cerro Largo, Río Negro y Paysandú.

En cuanto al departamento de Rivera en el 2018 se cartografiaron cerca de 130.000 ha de montes, de las cuales 45.000 corresponden a la especie *E. grandis*, y el principal destino es el de la industria de madera sólida (aserrado y debobinado).

Por otra parte, en Cerro Largo se registraron hasta la fecha aproximadamente 85.000 has con plantaciones, y el 55% correspondía a la especie en cuestión. El destino de la madera para este departamento es el de la madera sólida y la celulosa.

En el caso de Río Negro, casi la totalidad de la madera producida es la industria de la pulpa de celulosa, teniendo un poco más que un tercio de sus montes plantados con esta especie.

Por último, en Paysandú de un total aproximado de 118.000 has efectivas de plantación, el 33% está representado por *Eucalyptus grandis* y sus híbridos, teniendo el mismo destino que la madera producida en Río Negro, debido a que se encuentran cerca de las plantas de celulosa que están instaladas en el país.

2.2. CRECIMIENTO

2.2.1. Crecimiento de *E. grandis* en el territorio

Como se mencionó anteriormente la especie *Eucalyptus grandis* es una de las más empleadas en lo que respecta a forestaciones comerciales debido a su conformación y velocidad de crecimiento, además de la buena calidad de madera que produce (Brussa, 1994).

Burgess, citado por Pardo (2004) menciona que, en Australia bajo plantaciones comerciales se han registrado Incrementos Medios Anuales (IMA) del orden de 15 a 20 m³/ha/año entre los 10 y 29 años, y alcanzando valores máximos de 32 m³/ha/año de madera. En este sentido, Darrow citado por Pardo (2004) reporta que en Sudáfrica se registraron IMA mayores a 60 m³/ha/año.

Aparicio et al. (2005) reportan que en las provincias de Corrientes y Entre Ríos (Argentina) en el caso de sitios de buena aptitud y con prácticas silviculturales apropiadas, *E. grandis* es la especie de mayor tasa de crecimiento, y puede alcanzar a 60 m³/ha/año de madera. En cambio, si el sitio no es el adecuado y la silvicultura no es la apropiada el crecimiento no supera los 15 m³/ha/año. Por lo tanto, se deduce que la amplitud en la variación depende de la calidad del sitio y de las técnicas silvícolas que se apliquen al establecer la plantación.

En estudios realizados por Dalla Tea et al., citados por Pardo (2004) se menciona que en Argentina se han registrado valores de IMA de 26 m³/ha/año a los 10 años sobre Vertisoles. El mismo autor señala que en suelos con mayor aptitud forestal (Hapludol fluvéntico) los incrementos medios anuales son muy variables (del orden de 25 a 50 m³/ha), y en algunos casos se han superado los 50 m³/ha/año. En general, la productividad disminuye desde texturas livianas o arenosas hacia suelos pesados o arcillosos.

En Uruguay, en estudios realizados por Resquin et al. (2005) en los que se caracterizaron distintas fuentes de semilla de la especie, se instalaron ensayos en sitios ubicados sobre grupos CONEAT 7, 8 y 9 y se obtuvieron valores de crecimiento sin corteza (evaluados al décimo año) desde 42.5 a 59.6 m³/ha/año en Tacuarembó y de 28.2 a 40.5 m³/ha/año en la localidad de Tres Bocas (Departamento de Río Negro). En Rivera se realizaron evaluaciones de crecimiento con valores de IMA sin corteza que van desde 32.8 a 45.2 m³/ha/año al quinto año de evaluación.

2.3. PREPARACIÓN DEL SITIO

La especie *Eucalyptus grandis* ha demostrado ser muy sensible a las condiciones ambientales durante la etapa de implantación, respondiendo positiva y fuertemente a las prácticas relativas a la preparación del suelo, el control de malezas y la fertilización (Gaitán et al., citados por García y De La Peña, 2013). Del mismo modo, Aparicio et al. (2005) señalan que los estudios realizados en la mesopotamia Argentina y las experiencias de otras regiones del mundo donde se realizan plantaciones con esta especie revelan que la productividad final es muy influenciada por las actividades que se realizan en la etapa de establecimiento de la plantación.

Larocca et al. (2004) indican que una parte importante de la productividad de la especie se define en el momento de establecimiento de la plantación, por lo que la aplicación adecuada de cada una de las actividades relacionadas no sólo incrementa la productividad, sino que mejora la homogeneidad y beneficia la sustentabilidad del sistema.

Por su parte, Methol (2001) señala que, si bien es mucho más sencillo evaluar cada componente del sistema de implantación en forma aislada para posteriormente integrar los resultados, se sabe que todas estas técnicas están íntimamente relacionadas y la respuesta a cada una de ellas depende en gran medida del nivel en que se encuentran las demás (por ejemplo, se observa respuesta a la fertilización si existe un adecuado control de malezas).

2.3.1. Preparación de suelos

Según Manqui et al. (2012) el laboreo posee como objetivo ejercer una acción físico-mecánica sobre el suelo para roturarlo y removerlo. Los implementos o equipos que se utilizan para esta tarea pueden ser: arado de discos, arado de cincel, entre otros. Cada uno cumple funciones diferentes.

El objetivo de esta actividad, según Larraín, citado por García et al. (2000), es dejar el suelo en condiciones tales que permita una mayor retención de agua y que las raíces puedan extenderse y desarrollarse con facilidad. Con esto se busca promover el desarrollo de un mayor sostén de la planta y permitir un mayor aprovechamiento de los nutrientes. El laboreo del suelo favorece a su vez, la penetración del agua y el aire a mayor profundidad.

Dalla Tea (1995) indica, por su parte, que las prácticas tradicionales en lo que respecta a la preparación de los suelos han consistido en el laboreo de la totalidad del terreno, siendo condicionada la actividad por la disponibilidad de maquinaria. Por el contrario, actualmente se apunta a realizar la menor perturbación posible, debido al alto riesgo de erosión hídrica de los suelos. En este sentido, es preferible que esta actividad se realice en períodos con bajo contenido de humedad en el suelo, lo que permite prevenir procesos como compactación y remoción excesiva.

Finger et al. (1996) mencionan que una práctica que se ha hecho frecuente es el subsolado en la línea de plantación, con el objetivo no sólo de reducir los costos al no remover todo el suelo en el área, sino de procurar la mayor conservación del suelo y reducir los efectos de la erosión, pero principalmente, permitir la penetración de las raíces en los horizontes más profundos.

2.3.1.1. Subsolado

Según Rodríguez y Daza (1995) este laboreo consiste en fracturar el suelo hasta una profundidad de hasta 60 cm, con el fin de destruir las capas compactadas o impermeables y, de esta manera, mejorar la estructura y facilitar el movimiento del aire y el agua. Dalla Tea (1995) en este sentido menciona que el subsolador puede actuar hasta 1 metro de profundidad, aunque requiere en estos casos maquinarias especiales como tractores/topadoras de gran potencia.

Esta labor requiere un considerable aumento de potencia para su aplicación en comparación a la preparación superficial con rastras de discos (Aparicio et al., 2005). Con respecto a esto, Rodríguez y Daza (1995) mencionan que la demanda de potencia varía entre 140 y 150 HP con tractores de oruga y entre 200 y 375 HP con tractores enllantados.

Asimismo, Dalla Tea y Larocca, citados por Breganti y Tortosa (2014) indican que, de acuerdo con el tipo de suelo que se trabaja y la profundidad que se pretende subsolar pueden utilizarse tractores agrícolas de 120 a 170 HP o bulldozer tipo D7 o D8. La calidad del subsolado se mide por el grado de fracturación y depende del contenido de humedad y la textura del suelo, el implemento y la velocidad de operación (Rodríguez y Daza, 1995).

2.3.1.2. Excéntrica

Esta labor tiene como objetivo fracturar y voltear el suelo hasta una profundidad de entre 30 y 40 cm con el fin de favorecer la distribución de los agregados. Los implementos utilizados para este trabajo son rastro-arados, que se acoplan a tractores de oruga de 150 a 165 HP o enllantados de 200 a 375 HP (Rodríguez y Daza, 1995).

Las excéntricas o arado de discos están formadas por una serie de discos soportados por un chasis que giran sobre un eje que pasa por su centro. Generalmente, tienen de dos a cinco discos. Los diámetros y radios de curvatura, así como las dimensiones de estos son diversas, y adaptadas a las distintas labores y suelos (Ibáñez, citado por Riquelme et al. 2010).

Según Riquelme et al. (2010) el implemento funciona cortando el suelo y los rastros, invirtiéndolos y mezclándolos. Para conseguir la profundidad de laboreo deseada, se requiere un ajuste del ángulo de "ataque" de los discos y un abundante peso del armazón. Los discos deben operarse a una velocidad uniforme y bastante lenta para conseguir la mejor acción y ancho del corte. Altas velocidades de trabajo provocan una tendencia a arrojar tierra en forma irregular y a reducir la profundidad de trabajo.

2.3.1.3. Laboreo en casillas

El laboreo realizado en casillas es un método no convencional que consiste en la remoción del suelo de forma manual o mecanizada en el lugar donde se localiza la planta. Esto permite plantar en un sitio complejo, como suelos muy erodables o de difícil acceso. Suelen ser alternativas de preparación mucho más costosas que las convencionales ya que requieren de mucha mano de obra y tiempo, o de equipos especiales.

Si bien son técnicas favorables en términos de conservación de suelos, puede que no permitan la expresión del potencial de crecimiento de los árboles en determinados sitios. Además, el éxito de este tipo de laboreo es muy dependiente de la conjunción de diversas condiciones (sitio, precipitaciones y manejo silvicultural, entre otras).

2.3.1.4. Antecedentes en la región

Según estudios realizados en Argentina, la preparación de los suelos varía de acuerdo con la textura de estos. En general, las actividades de laboreo tienen mayor efecto a medida

que aumenta el porcentaje de arcilla del suelo debido a la mayor resistencia al crecimiento de las raíces y a la menor permeabilidad. Si bien la tendencia es subsolar hasta 40-80 cm de profundidad (en el caso de suelos Vertisoles), existen estudios en suelos rojos arcillosos (Alfisolos y Ultisoles) de Corrientes y del Sur de Misiones que evidencian ausencia de diferencias en crecimiento cuando se comparan dos profundidades de subsolado respecto a la preparación con arado y rastra de discos (Aparicio et al., 2005).

Por otra parte, Larocca et al. (2004) señalan que de tratarse de suelos ubicados en zonas topográficas bajas y con exceso de humedad, el laboreo realizando camellones es una práctica de gran utilidad. La adopción de esta práctica radica en que el camellón aumenta el volumen de tierra disponible para el desarrollo del sistema radicular, con un efecto positivo en el crecimiento. Asimismo, Reichert et al. (2021) concluyeron que las variables dendrométricas y la sobrevivencia hasta los 24 meses de edad se maximizan cuando se realiza laboreo con subsolado formando camellones en suelos mal drenados o poco profundos. Mencionan, además, que en rodales clonales de eucaliptos la penetrabilidad del suelo tiene gran relevancia, ya que las plantas producidas de forma vegetativa al no tener raíces pivotantes tienen menor capacidad de penetración.

García et al. (2000) mencionan que el mejor tratamiento sería la combinación del subsolado y el surcado formando un camellón, lo cual favorece la remoción del suelo, además aumenta la eficiencia en la captación y conservación de la humedad del suelo. Methol (2001) por su parte señala que el uso de laboreo en la faja de plantación, combinando herramientas tales como excéntrica, cincel y subsolador, sería más recomendable desde el punto de vista de la conservación de los suelos.

Prevedello et al. (2013) determinaron que *E. grandis* creciendo sobre un suelo Argisol hasta los 12 meses de edad tuvo mayor sobrevivencia y mayor crecimiento en DAP a medida que se intensificó el laboreo (plantación directa vs. rotovador a 20 cm). Estos resultados se relacionaron directamente con un mayor crecimiento radicular, evidenciando la importancia del crecimiento inicial de las raíces como factor fundamental para lograr una plantación uniforme y productiva.

Gatto et al. (2003) en un estudio realizado en Brasil en *E. grandis* sobre un suelo de textura arcillosa (Latossolo vermelho distrófico) concluyeron que, hasta los 38 meses de edad, el laboreo con subsolado a 50-60 cm contribuyó con el mayor crecimiento de los árboles debido a una mayor disponibilidad de nutrientes y una reducción de las malezas competidoras. En este estudio se constató que el tratamiento de plantación al pozo tuvo

menor crecimiento debido a una menor disponibilidad de nutrientes y mayor resistencia a la penetración de raíces. Maluf, citado por Gatto et al. (2003) también constató una mayor productividad de la plantación a medida que se intensificó el laboreo del suelo.

Baptista y Levien (2010) en un experimento en *Eucalyptus saligna* sobre un Cambissolo háplico (textura media-arcillosa) concluyeron, entre otras cosas, que la biomasa aérea producida hasta los 11 meses fue cinco veces mayor cuando se realizó laboreo con subsolado a 65 cm, frente a un tratamiento con plantación al pozo. Resultados similares obtuvieron Franca et al. (2021) en un ensayo sobre un suelo Ultisol con una capa compactada a los 30 cm, y en el que se constató que métodos más intensivos de laboreo (subsolado + acamellonado) influyeron positivamente en las propiedades físicas del suelo por medio de una menor densidad aparente y menor resistencia a la penetración de las raíces. El tratamiento de subsolado + acamellonado tuvo mayor sobrevivencia y volumen de madera hasta los 330 días post-plantación, mientras que plantación al pozo fue el tratamiento de menor productividad.

En un estudio realizado en Brasil por Finger et al. (1996) sobre un suelo clasificado como Podzólico Bruno-Acinzentado de textura media, con una capa pesada en profundidad, se evaluó supervivencia y crecimiento en DAP y altura hasta los 43 meses de *E. grandis*. Los tratamientos fueron: laboreo con subsolado a 60 cm (T1) y plantación al pozo (T2). Se obtuvieron como resultados que en T1 el crecimiento en diámetro a la altura del pecho fue 50% superior. Para la variable altura se constató que T1 a los 43 meses alcanzó un crecimiento 45% mayor en comparación con los valores del tratamiento sin subsolado. Aunque estos resultados sugieren una diferencia positiva en todas las variables estudiadas favor del tratamiento con subsolado, estadísticamente no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. Otro experimento realizado por Poynton, citado por Finger et al. (1996) también demostró que el desarrollo de las plantas de *Eucalyptus saligna* a los 6 años de la plantación estuvo directamente relacionado con la intensidad de laboreo del suelo.

Estudios realizados en Chile por Lineros et al. (1996) permiten concluir que el subsolado como herramienta de preparación de suelo, realizado con posterioridad a la cosecha mecánica y antes de la reforestación, tiene un efecto positivo en el crecimiento y supervivencia inicial de las plantas.

Por último, estudios realizados en Uruguay por García Préchac et al. (2001) en *Eucalyptus dunnii* concluyen que las diferencias significativas en los parámetros de crecimiento y

producción de biomasa a favor de mayor intensidad de laboreo al final del primer año dejaron de serlo al final del segundo año. Estos resultados coinciden con Ritson y Pettit, citados por González Barrios (2014) en que la presencia de efectos positivos sobre el crecimiento en algunos de los laboreos evaluados, se fueron diluyendo con el tiempo.

2.3.2. Control de malezas

Se considera como maleza a aquella especie vegetal que dificulta el desarrollo de la especie cultivada. Al tratarse entonces de plantas perjudiciales o indeseables en un determinado tiempo y lugar, numerosas especies pueden recibir esta calificación. La capacidad competitiva de las malezas se debe por un lado a su resistencia a factores climáticos, edáficos y biológicos adversos, y por otro a su potencial reproductivo. En conjunto, estas características les permiten dominar rápidamente un sitio (Porcile et al., 1995).

El objetivo general de la silvicultura, en este sentido, es brindar las condiciones para una buena instalación y crecimiento del monte, dado que éste en presencia de malezas presenta reducciones importantes de crecimiento. Según Sotomayor et al. (2002) las malezas causan distintos grados de interferencia sobre las plantas, dependiendo de las características propias de cada especie, del sitio, de la época del año y otros factores. El manejo de estas es más relevante en las primeras etapas de crecimiento de la plantación, pero se le debe prestar atención durante los primeros meses, o hasta el momento en que se produzca el cierre de copas de los árboles.

La problemática del control de malezas es importante en *Eucalyptus* ya que es un género sensible a la competencia en la etapa inicial del establecimiento de la plantación (Pitelli y Marchi, citados por Villalba et al., 2010). El efecto de la competencia es más notorio en el período de mayor crecimiento (primavera-verano), por lo que se debe prestar especial atención. En este sentido, estudios realizados en Argentina por Larocca et al. (2004) muestran una relación directa entre el grado de control de la competencia y el crecimiento de las plantas de eucaliptos durante el primer año. A modo de ejemplo, existe evidencia de cómo el mayor ancho de la banda de control de malezas alrededor de la planta produce mayor crecimiento de los árboles.

La eliminación de la competencia en el cultivo de *Eucalyptus* es importante en determinar la sobrevivencia de la plantación (Villalba et al., 2010). En este sentido, Sotomayor et al. (2002) señalan que, desde el establecimiento hasta el cierre de las copas, la presencia de

malezas puede causar desde un retraso importante en su crecimiento hasta la pérdida total de las plantas.

2.3.3. Control de hormigas

Las hormigas cortadoras son la principal plaga de las plantaciones forestales y uno de los principales factores que causan la pérdida de plantas de eucalipto en el período de implantación. Estos insectos, de origen neotropical, pertenecen a los géneros *Atta* y *Acromyrmex*, incluidos en la tribu *Attini*. Sin un correcto control, las pérdidas por dicha plaga pueden inviabilizar el cultivo.

El efecto de la cosecha de hojas puede provocar la muerte de las plantas o disminuir el crecimiento y por lo tanto afectar la producción final de madera (Zanetti et al., Della Lucia, citados por Martínez et al., 2015). Estudios realizados concluyen que una sola colonia de hormigas cortadoras de hojas por hectárea de bosque puede reducir el crecimiento anual de árboles en un 5% en *Eucalyptus* y en un 10% en *Pinus* (Amante, Zanetti et al., citados por Sabattini, 2017).

Según Bollazzi, citado por Breganti y Tortosa (2014) dentro de los organismos comúnmente asociados a las plantaciones de *Eucalyptus* en Uruguay, existen 11 especies de hormigas del género *Acromyrmex* y 2 especies del género *Atta*. Las especies del género *Acromyrmex* presentan cuatro pares de espinas en el tórax. En tanto, las especies del género *Atta* presentan tres. Las mismas están presentes en zonas más restringidas del país, siendo estas *Atta sexdens* (en el norte de Tacuarembó y Rivera) y *Atta vollenweideri* (en el Litoral del país, principalmente en blanqueales).

Debido a los grandes perjuicios que ocasionan, las hormigas cortadoras han sido combatidas con diversos métodos que van desde culturales hasta químicos. El control químico es el más difundido y actualmente los cebos tóxicos son los más utilizados. Los mismos consisten en una mezcla de un ingrediente activo y un substrato base que resulta atractivo para las obreras. Estos hormiguicidas son aplicados en los caminos de forrajeo de la colonia, de donde las obreras lo toman y transportan dentro de la colonia (Bollazzi, 2015).

2.3.4. Fertilización

Los fertilizantes constituyen uno de los insumos que pueden utilizarse para mantener o aumentar el nivel de fertilidad del suelo en los sistemas agrícolas. El objetivo de la aplicación de fertilizantes es proporcionar al cultivo los nutrientes esenciales (N, P y K) para su crecimiento y desarrollo (Zapata, citado por López de los Santos, 2010).

La fertilización de *Eucalyptus grandis* en el momento de la plantación es una práctica común en las plantaciones de la región. Con esta actividad se busca acelerar el desarrollo inicial de las plantas para que éstas cubran más rápidamente el suelo, lo que se traduce en un aumento de la producción de madera al final de la rotación y/o en un acortamiento del ciclo (Dalla Tea, citado por Dalla Tea, 1997). Otra de las ventajas de esta práctica, según Larocca et al. (2004), radica en que la mayor velocidad de crecimiento inicial brinda ventajas frente a la competencia de las malezas, al ataque de plagas y a posible estrés por efecto de sequías.

Prichett, citado por Principi Dabove y Loza Balbuena (1998), indica que los árboles requieren los mismos elementos para su crecimiento y reproducción que otras plantas, pero debido a la naturaleza de la recirculación de nutrientes y a los hábitos de arraigamiento profundo, las deficiencias de nutrientes no son comunes en los bosques adultos.

Las plantaciones forestales son cultivos que utilizan el ambiente en donde han de crecer de manera prolongada debido a la duración de sus ciclos productivos. En las rotaciones con destino celulosa (9-10 años) o de madera de aserrío (20 años) ocurre una exportación de nutrientes del suelo y un reciclaje con la descomposición de los restos de cosecha (Hernández et al., citados por Hirigoyen, 2011). Con respecto a esto, Dalla Tea (1997) señala que una alta proporción de los nutrientes absorbidos por los árboles se encuentra en los despuntes, ramas y hojas que quedan en el sitio luego de la cosecha, liberándose al medio a medida que estos materiales se descomponen. En este sentido radica la importancia de mantener los restos de cosecha en el sitio luego de la actividad.

Según Hernández et al., citados por Hirigoyen (2011) los suelos de aptitud forestal en Uruguay son ácidos a muy ácidos, de texturas medias a livianas, con bajos niveles de bases y bajos contenidos de materia orgánica, lo que redundaría en una baja disponibilidad de nutrientes y baja fertilidad natural. Por esto es común la fertilización durante la plantación. Las recomendaciones de fertilizantes se basan en nitrógeno y fósforo, pero escasas veces

atienden a calcio, boro y zinc, independientemente de la especie, suelo y época de plantación (Bellote y Ferreira, citados por Hirigoyen, 2011). En este sentido, Larocca et al. (2004) señalan que la respuesta a la fertilización con fósforo aplicado en la plantación está comprobada en la mayoría de las regiones que forestan con *E. grandis*, y que en general, es una práctica incorporada al establecimiento de las plantaciones. En cuanto al nitrógeno, de mayor movilidad que el P, la respuesta está más asociada al contenido de materia orgánica en el suelo.

2.4. RECURSOS NATURALES

2.4.1. Suelos Forestales del Uruguay

La Ley Forestal vigente define los terrenos forestales como aquellos que son inadecuados por suelos, aptitud, clima o ubicación para otra explotación permanente y provechosa. Además, son calificados como tales por el MGAP en función de su aptitud forestal o por razones de utilidad pública (Califra y Durán, 2010). El decreto N°452/988 establece que son de aptitud forestal los suelos que por sus condiciones permiten un buen crecimiento de los bosques, con buena capacidad de enraizamiento, adecuado drenaje y baja fertilidad natural.

2.4.1.1 Características edafológicas de los suelos de prioridad forestal

Según Califra y Durán (2010) los suelos de prioridad forestal más comunes se clasifican a nivel de Gran Grupo como Luvisoles, Acrisoles, Argisoles y Brunosoles. Otros suelos de menor extensión son los Inceptisoles, ubicados en la Región Sedimentaria Noreste y en las Sierras Cristalinas.

Según Hernández (2015), las características químicas de los suelos de prioridad forestal son las siguientes:

- Medios a bajos contenidos de arcilla
- Bajos contenidos de Materia Orgánica (N, S)
- Ácidos a muy ácidos
- Bajos niveles de Bases de Intercambio: Ca, Mg, K y Na
- Bajos contenidos de P y otros nutrientes (B)

Según Annunziatto et al. (2016), para la delimitación de dichos terrenos forestales se utilizó principalmente el mapa de los Grupos de Suelos CONEAT. El primer listado surge del decreto N°452/988. Estas definiciones se modificaron en sucesivos decretos reglamentarios de los años 2006 y 2010.

Tal como se observa en el Cuadro 1, los suelos afectados a la forestación comercial (Grupos 2, 7, 8 y 9) son de media a baja fertilidad natural y marginales para otras producciones.

Cuadro 1. Características químicas de los suelos de prioridad forestal (Hor. A, primeros 20 cm), comparados con un suelo de aptitud agrícola (CONEAT 11).

Grupo CONEAT	pH	C org	Bases Totales	Acidez Interc.	CICe	Saturac. Bases
		%	cmol _c kg ⁻¹			%
2	5.2	2.7	4.0	0.5	4.4	89
7	4.9	0.9	3.7	1.2	4.9	77
8	5.2	2.6	3.8	0.5	4.5	86
9	5.3	1.3	7.8	0.1	7.8	98
11	6.9	3.4	25.4	-	25.4	100

Fuente: elaborado en base a Hernández (2015).

En la Figura 2 se presenta la distribución de los suelos de prioridad forestal de acuerdo con las diferentes zonas CONEAT a las que pertenecen. Actualmente hay 4,3 millones de hectáreas de prioridad forestal, distribuidas en 9 zonas. En el Cuadro 2 se relaciona el índice CONEAT con el área ocupada por cada grupo de suelos.

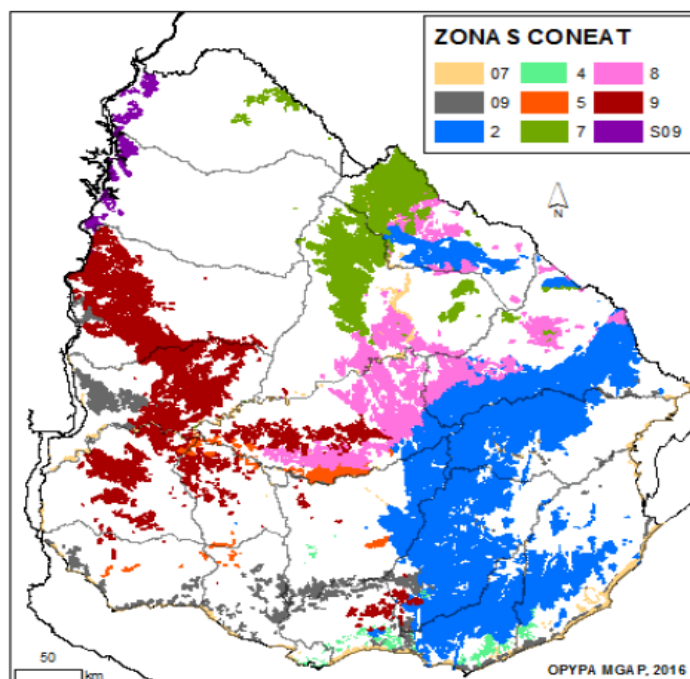


Figura 2. Ubicación geográfica de los suelos de prioridad forestal, según zonas CONEAT.
Fuente: Annunziatto et al. (2016).

Cuadro 2. Superficie de prioridad forestal e Índice Medio de Productividad, por grupo CONEAT.

Grupo CONEAT	Índice Medio de Productividad	Superficie (has)	%
S0.9	41	45.625	1
5	74	56.198	1
4	61	95.852	2
0.7	3	122.766	3
0.9	60	185.526	4
7	67	494.314	12
8	77	505.211	12
9	80	660.507	15
2	65	2.122.961	49
Total	-	4.288.960	100

Fuente: elaborado en base a Annunziatto et al. (2016) y Califra y Durán (2010).

2.5. CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DEL SITIO EXPERIMENTAL

2.5.1. Caracterización climática

Para caracterizar la zona de estudio se utilizó información climática de la Serie Técnica 193 de INIA, la cual se titula “*Caracterización Agroclimática del Uruguay 1980-2009*” (Castaño et al., 2011). Se consideraron como principales parámetros las temperaturas, precipitaciones y las frecuencias y períodos de heladas para la región correspondiente.

2.5.1.1. Temperatura del aire

Los datos de temperatura fueron tomados de la estación meteorológica correspondiente a la ciudad de Young, la cual es la más cercana al sitio en el que se ubican los ensayos. Los datos de temperaturas mínimas y máximas medias mensuales y temperaturas medias mensuales corresponden al período 1980-2009.

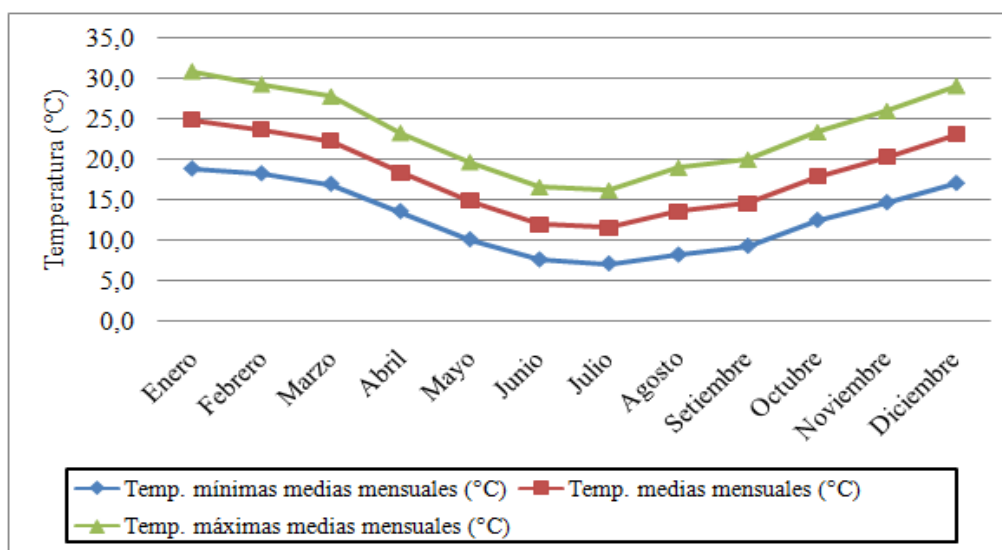


Figura 3. Caracterización del régimen térmico de la zona.

Fuente: elaborado con base en Castaño et al. (2011).

En la Figura 3 se puede observar que en general las temperaturas medias más altas se presentan en los meses de diciembre, enero y febrero, y de forma contraria los meses de menor temperatura corresponden a junio y julio.

Según los datos recabados por la estación climatológica de Young los meses más fríos y cálidos son julio y enero respectivamente. En el mes más frío (julio) el promedio de las

temperaturas registradas es de 11.6 °C para las medias, 16.2 °C para las máximas y 7 °C para las mínimas. Por otra parte, para el mes más cálido (enero) el promedio de las temperaturas registradas para el período estudiado se sitúa en 24.9 °C para las medias, 30.9 °C para las máximas y 18.8 °C para las mínimas.

2.5.1.2. Precipitaciones

Según datos de INIA los valores medios de precipitación acumulada anual sobre el país se sitúan entre 1200 y 1600 mm con los menores valores situados al suroeste (Colonia) y los máximos al noreste (departamentos de Rivera y Artigas).

Los registros de precipitaciones para caracterizar la zona se obtuvieron de la estación climatológica ubicada en la localidad de Paso de la Cruz, en la cual se registró un valor promedio anual de 1221,7mm. Los registros corresponden al período 1980-2009. Además, se obtuvieron datos de la estación meteorológica de “La Nueva Esperanza” para el año de la instalación de los ensayos (2011).

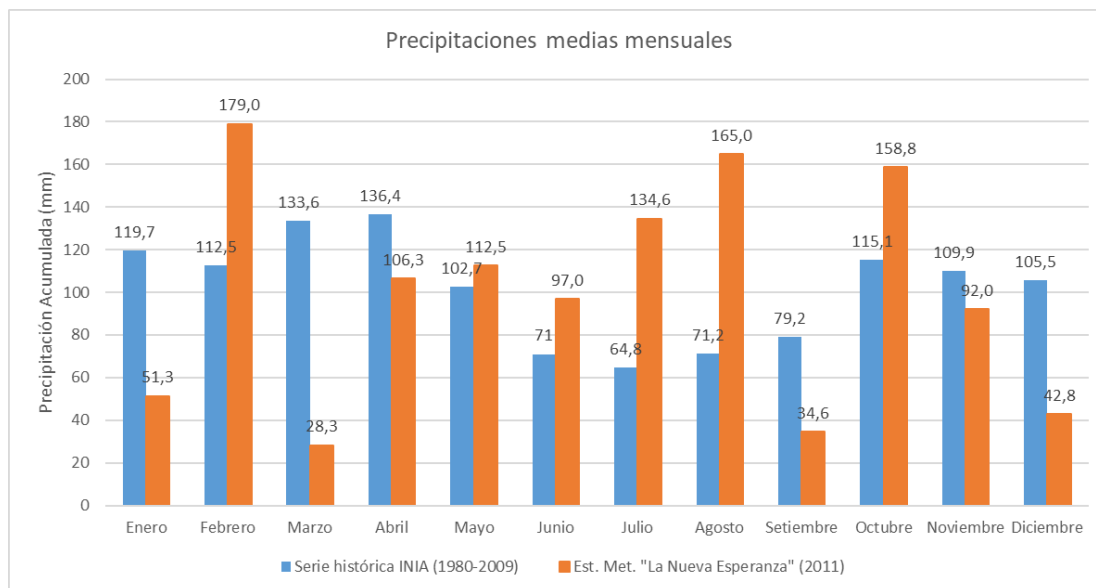


Figura 4. Precipitaciones medias mensuales.

Fuente: elaborado con base en Castaño et al. (2011) y Alonso, J.¹

¹ Jimena Alonso. 2020. Com. Personal.

Como se puede apreciar en la Figura 4, en el año 2011 los meses de mayores precipitaciones fueron febrero y agosto, registrándose valores de 179 y 165 mm respectivamente, y los de menor precipitación corresponden a los meses de marzo y setiembre en los que se registraron lluvias de 28 y 35mm. Se destaca que en los meses que se realizó la instalación de los ensayos (marzo-abril) se registraron precipitaciones por debajo del promedio histórico para la zona.

2.5.1.3. Heladas

En general, en el país el número de heladas agrometeorológicas acumulado anualmente (período mayo a octubre) varía entre 20-25 días en el norte y sur del país, y a más de 35 días en el centro. Para caracterizar la zona en cuanto a ocurrencia de heladas se tomaron como referencia los datos correspondientes a la ciudad de Paysandú.

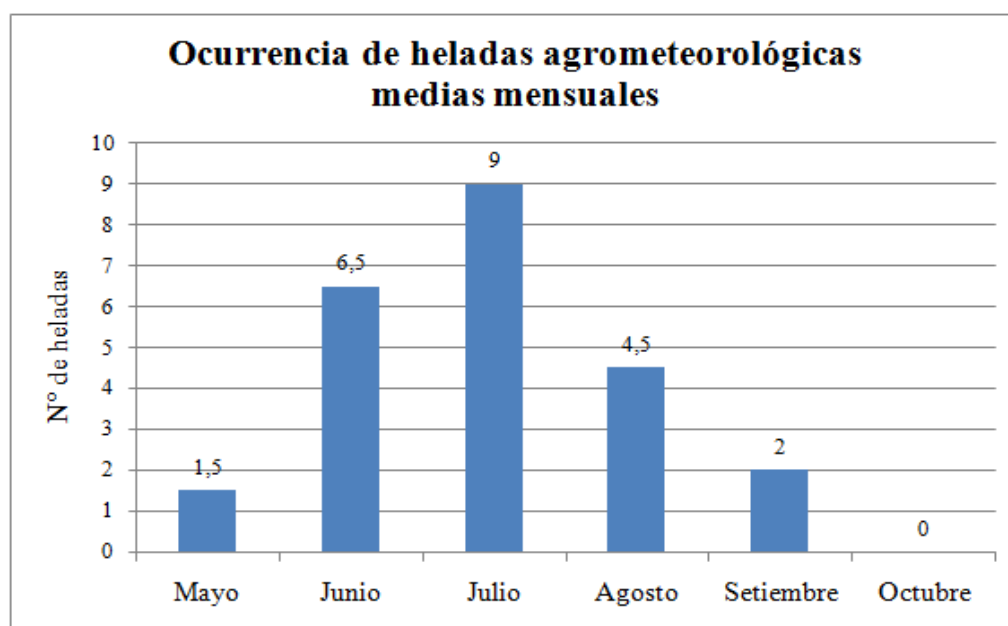


Figura 5. Ocurrencia de heladas para el período 1980-2009.

Fuente: elaborado con base en Castaño et al. (2011).

Como se observa en la Figura 5 el período de heladas comienza en el mes de mayo y ocurre hasta el mes de setiembre. Por otra parte, la mayor incidencia de heladas se da en el mes de julio en donde se observa un valor medio de 9 heladas, y el total anual de heladas en promedio llega a 23,5 días.

2.5.2. Caracterización geológica

El sitio de estudio se ubica sobre el grupo Paysandú. Según Bossi et al. (2011) el mismo reúne las rocas sedimentarias principalmente detríticas que se depositaron durante el Cretácico Superior, y en la siguiente secuencia:

- En la cima, areniscas de la Formación Asencio
- En la parte media, areniscas conglomerádicas, areniscas, lutitas y calizas de la Formación Mercedes
- En la base, areniscas y conglomerados de la Formación Guichón

Según la Carta Geológica del Uruguay a escala 1:500.000 la localidad Paso de Los Mellizos se ubica sobre la formación Mercedes (Bossi et al., 1998).

En lo que respecta a esta formación, la principal zona de afloramiento se encuentra en el Depto. de Río Negro. Aparece mucho menos extendida en los departamentos de Paysandú, Soriano, Durazno, Colonia, Tacuarembó y Canelones. Una de las características de dicha formación es poseer siempre niveles de areniscas conglomerádicas, conglomerados o areniscas muy gruesas, las cuales son siempre feldespáticas y los clastos, redondeados, siempre compuestos por rocas del basamento cristalino: pegmatitas, granitos y cuarcitas. Frecuente estratificación cruzada (Bossi et al., 2011).

Presenta además areniscas de grano fino a medio, de color blancuzco, normalmente cementadas por carbonato de calcio; lutitas arenosas, montmorilloníticas, que en forma gradual, hacia la cima y hacia el E van incrementando el contenido en calcáreo hasta transformarse en verdaderas calizas, masivas, tenaces, color té con leche, parcialmente silicificadas (Bossi et al., 2011).

En otras palabras, según Preciozzi et al. (1985) la formación Mercedes está compuesta por areniscas finas bien seleccionadas; redondeadas; cuarzo feldespáticas; masivas o con débil estratificación paralela; de colores blanco, amarillento y rosado. Las areniscas medias son mal seleccionadas con arena gruesa y grava, subredondeadas a subangulosas; cuarzo feldespáticas; masivas; a cemento arcilloso y calcáreo, de colores blanco y rosado.

2.5.3. Grupo CONEAT 9.1

Los ensayos de este estudio se localizan sobre suelos correspondientes al grupo CONEAT 9.1. Según MGAP. DRNR (s.f.) este grupo se encuentra en mayor extensión en los departamentos de Paysandú y Río Negro, ocurriendo como paisajes escarpados a niveles altimétricos superiores del basalto (límite este) o en paisajes de disección, asociados a las principales vías de drenaje de la región sedimentaria del litoral oeste. El grupo 9.1 es uno de los integrantes principales de las unidades Bacacúa y Paso Palmar de la carta a escala 1:1.000.000 (D.S.F.) y posee un índice de Productividad de 61. El uso es pastoril y la vegetación es en general de pradera estival con baja densidad de malezas.

Los paisajes corresponden a formas mesetiformes, con escarpas débilmente marcadas y otras muy marcadas, tomando en el primer caso la forma general de un paisaje ondulado y en el segundo el de verdaderas mesetas, siendo las formas intermedias las de mayor frecuencia, las que podrían definirse como colinas tabulares.

2.5.4 Gran Grupo Brunosoles

Altamirano et al. (1976) mencionan que: “el concepto central del Gran Grupo es el de suelos oscuros, con elevados contenidos de materia orgánica y en general de texturas medias, por lo menos en los horizontes superficiales. La secuencia de horizontes más común es A-B-Cca. En general, cuando falta el horizonte B, el carácter se asocia a suelos de escasa profundidad. El horizonte B es en general argilúvico, moderadamente diferenciado, de color oscuro y con una estructura bien expresada, pero que no restringe excesivamente los movimientos del aire y del agua”.

2.5.5. Gran Grupo Litosoles

Según Altamirano et al. (1976): “el concepto central de este Gran Grupo es el de suelos superficiales, cuyo espesor está limitado por un contacto lítico a 30 cm o menos de profundidad. En estos suelos, el arraigamiento está limitado por la profundidad del solum y únicamente la presencia de grietas o diaclasas en la roca permite la penetración de las raíces a mayor profundidad. Se caracterizan por un perfil de tipo A-R, pudiendo ser el horizonte A de naturaleza variable: ócrico, melánico ó úmbrico. El solum presenta frecuentemente cantidades apreciables de gravas o fragmentos mayores y es común la existencia de afloramientos rocosos y piedras sueltas en la superficie del suelo”.

3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Se plantea la hipótesis de que una mayor intensidad de laboreo favorece el crecimiento inicial de *Eucalyptus grandis*, y dicho efecto se pierde hacia el final del turno.

El objetivo del estudio es determinar la relación entre la intensidad de laboreo y la productividad de *Eucalyptus grandis* con destino a celulosa en edad próxima a cosecha.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. LOCALIZACIÓN DEL SITIO

Los ensayos fueron establecidos en el Establecimiento “Santa Elena”, el cual es propiedad de la empresa UPM Forestal Oriental S.A., y está próximo a la localidad de Mellizos, departamento de Río Negro, Uruguay ($32^{\circ}36'39.59''\text{S}$; $57^{\circ}8'53.69''\text{W}$). La plantación se llevó a cabo en el mes de abril de 2011 y se utilizaron plantas clonales de *Eucalyptus grandis*.

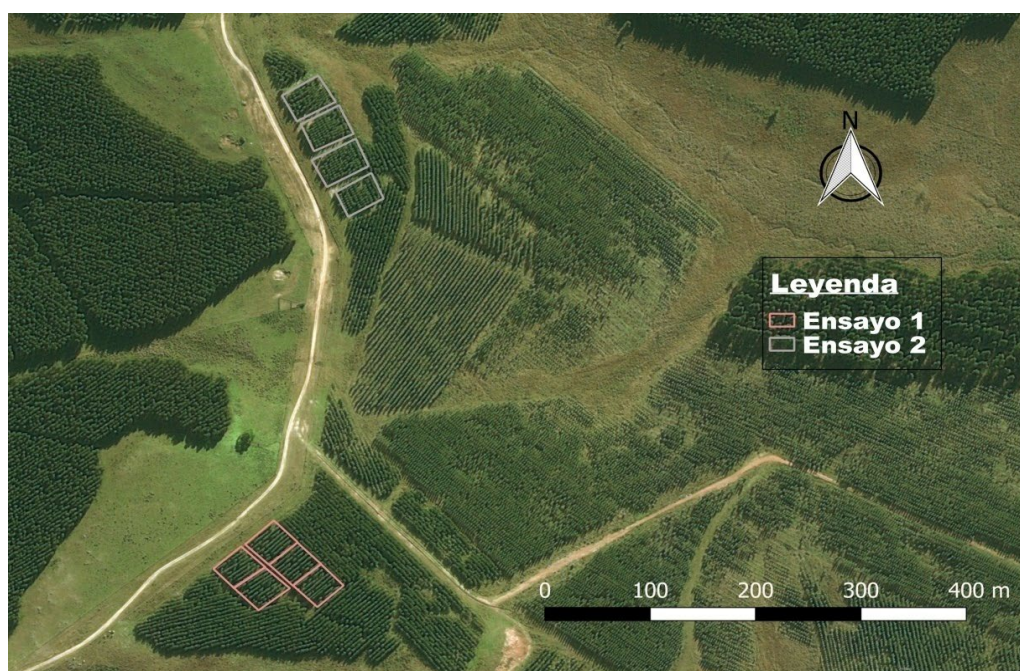


Figura 6. Ubicación de los ensayos (E1 y E2).

4.2. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS

El diseño experimental es de bloques completos al azar (DBCA) con 5 repeticiones en el Ensayo 1 ubicado sobre el suelo Brunosol y 4 repeticiones en el ensayo ubicado sobre el Litosol (ensayo 2). En este último, se excluyó del análisis el bloque 4 debido a que se detectó un error en el espaciamiento entre parcelas que afectó diferencialmente las variables de crecimiento en la fila central de cada tratamiento.

Se realizaron tres tratamientos representativos de diferentes intensidades de laboreo en la fila de plantación:

- Laboreo en casillas (en adelante “plantación al pozo”)
- Laboreo en la fila con excéntrica + acamellonado
- Laboreo en la fila con subsolador + excéntrica liviana + acamellonado

El esquema de plantación utilizado tuvo una densidad de 1150 plantas por hectárea aproximadamente, estando las filas separadas en 3,5 metros y las plantas en 2,5 metros. Las unidades experimentales consistieron en tres filas de árboles con un número de plantas por fila de entre 12 y 15.

El modelo estadístico para este diseño corresponde a un diseño en bloques completamente al azar, el cual se representa de la siguiente manera:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

$i = 1, 2, 3$ (tratamientos)

$j = 1, 2, 3, 4, 5$ (repeticiones/bloques)

donde Y_{ij} es el volumen de madera promedio de la parcela, en el i -ésimo laboreo y en el j -ésimo bloque, μ es la media poblacional, τ_i es el efecto relativo del i -ésimo laboreo, β_j es el efecto del j -ésimo bloque y ε_{ijk} es el error experimental asociado al i -ésimo tratamiento y el j -ésimo bloque.

Los supuestos del modelo son que describe de manera adecuada las observaciones y que los errores del modelo son variables aleatorias que siguen una distribución normal e independiente con media cero y varianza constante pero desconocida (Montgomery, 2010).

4.2.1. Análisis de parámetros de crecimiento y sobrevivencia

Para las variables Altura y Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) se tomaron en cuenta los árboles de la fila central de cada parcela con el objetivo de minimizar el efecto de la competencia de parcelas linderas, mientras que para la variable Sobrevivencia se tuvo en cuenta la parcela completa para contar con un número mayor de árboles y mejorar la estimación de la media.

Para el procesamiento de los datos experimentales se utilizó el software InfoStat (Di Rienzo et al., 2008). Para ambos ensayos se realizaron Análisis de Varianza (ANAVA) y Test de Tukey para las variables Altura total (Ht), Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) y Volumen por Árbol (se incluye la corteza). Para el cálculo de volumen individual se utilizó un factor de forma de 0,42. Además, se calculó la densidad de plantación por tratamiento (ver Figuras 22 y 29 en Anexos) y se realizó el ANAVA y Test de Tukey para la variable Volumen por Hectárea ponderado por sobrevivencia. Esta última variable surge del producto entre los factores: volumen/árbol promedio (por tratamiento), la densidad de plantación y el % de sobrevivencia.

Debido a que se realizaron reposiciones de plantas en todos los tratamientos durante el primer mes desde la plantación, los datos de sobrevivencia que se presentan para ambos ensayos deben ser tomados de forma condicional, ya que las reposiciones distorsionan el efecto de los tratamientos sobre este parámetro. Tomando en cuenta los datos de sobrevivencia se realizó un análisis por medio de un Modelo Lineal Generalizado con distribución binomial para determinar si existe relación entre los tratamientos aplicados y la probabilidad de sobrevivencia de un árbol al final del turno.

El modelo lineal generalizado de la familia binomial y con función de enlace logit es el siguiente:

$$y_{ij} = \frac{e^{\mu + \tau_i + \beta_j}}{1 + e^{\mu + \tau_i + \beta_j}} + \varepsilon_{ij}$$

Dónde: y_{ij} : es la variable dependiente sobrevivencia; μ : la media general; τ_i : el efecto del tipo de laboreo; β_j : el efecto del bloque; ε_{ij} : el error aleatorio.

Por último, durante la medición de los ensayos se clasificaron los árboles según si presentaban algún tipo de anomalía en el crecimiento. Estos criterios de clasificación fueron brindados por la empresa (Figura 7) y los resultados se analizaron mediante un Modelo Lineal Generalizado con distribución binomial para determinar si existe relación entre los tratamientos y la probabilidad de que un árbol presente algún tipo de falla en el fuste.

Tabla de clasificación de fuste para medición de ensayos	
1	Árbol bifurcado
2	Árbol muerto
3	Árbol faltante
4	Árbol caído
5	Árbol quebrado
6	Enfermo
7	Rebrotos múltiples
8	Una torcedura bien marcada, en el fuste
9	Más de una torcedura
10	Torcedura en la base
11	Árbol levemente torcido
12	Árbol caídos con rebrote
13	Árbol sano

Figura 7. Criterios de clasificación de fuste brindados por UPM-FO.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. RESULTADOS DE ENSAYO 1

5.1.1. Supervivencia y análisis de fallas en el fuste

Como se mencionó anteriormente, los datos de % de supervivencia están condicionados por la reposición de plantas que se realizó al inicio de los ensayos. Si bien los datos no deben tomarse estrictamente como efecto de los tratamientos, se tendrán en cuenta para el cálculo de Volumen por hectárea ya que es un parámetro fundamental para determinar el nivel de producción. Del análisis estadístico se obtuvo que no hay un efecto significativo de los tratamientos en el % de supervivencia (p -valor = 0,96).

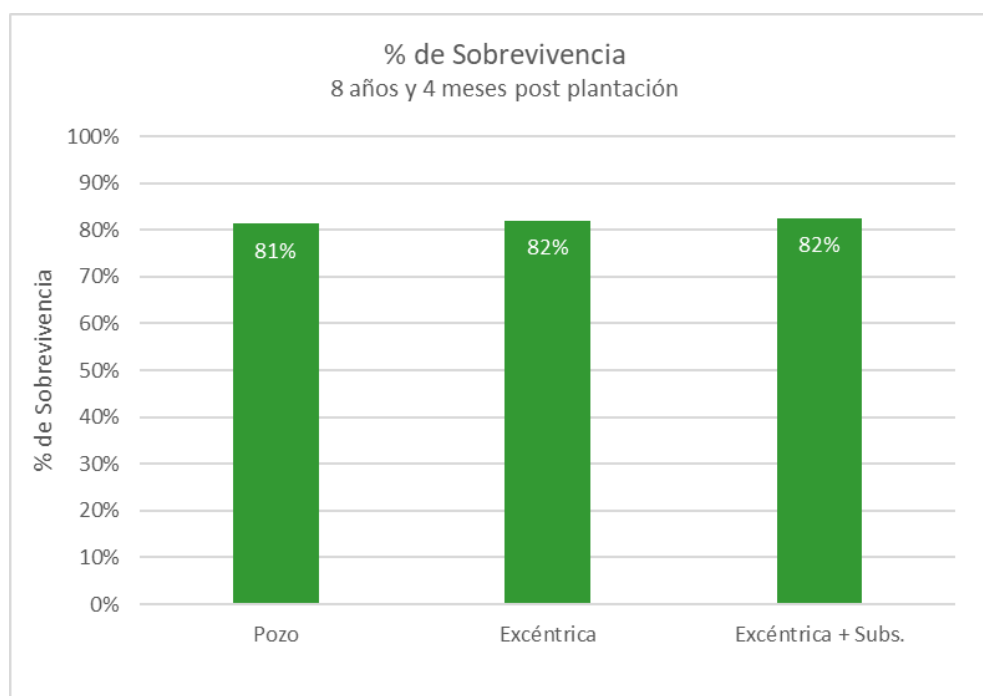


Figura 8. % de Supervivencia según tratamiento (Ensayo 1).

De la clasificación de fustes que se realizó a los árboles se constató que, en el tratamiento Plantación al Pozo del total de árboles evaluados en el 35% se encontró algún tipo de defecto, siendo que predomina el tipo de fallo “árbol bifurcado”. En cuanto al tratamiento de laboreo con Excéntrica se registró que un total de 14 individuos con defectos (de 43 evaluados), predominaba el fallo correspondiente a “una torcedura bien marcada en el

fuste”. En el tratamiento 3 (Excéntrica + Subsulado) se registró que el 28% de los individuos tenía algún tipo de falla, donde predominaba “árbol bifurcado” y “una torcedura bien marcada en el fuste”.

Por último, se obtuvo como resultado que no existe relación entre los diferentes tipos de falla y los tratamientos (p -valor=0,62), por lo que se podrían atribuir las anomalías en el crecimiento a factores externos como daños por heladas, ataques de insectos, etc.

5.1.2. Altura y Diámetro a la Altura del Pecho

En cuanto a la variable Altura se puede observar en la Figura 9 que no hay diferencias entre tratamientos, al igual que lo determinaron Aparicio et al. (2005) sobre un suelo rojo arcilloso en el que se compararon tratamientos de laboreo similares a los de este trabajo.

Por otra parte, para la variable DAP se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos Excéntrica y Plantación al Pozo, mientras que el tratamiento de Excéntrica + Subsulado mostró un comportamiento intermedio sin diferencias significativas con el resto de los tratamientos.

Mejores condiciones para el crecimiento y para la sobrevivencia a favor del laboreo con excéntrica podrían estar explicadas por el camellón que generan los discos, lo cual favorece la infiltración y retención de agua, además de permitir una mejor exploración radicular por parte de las plantas.

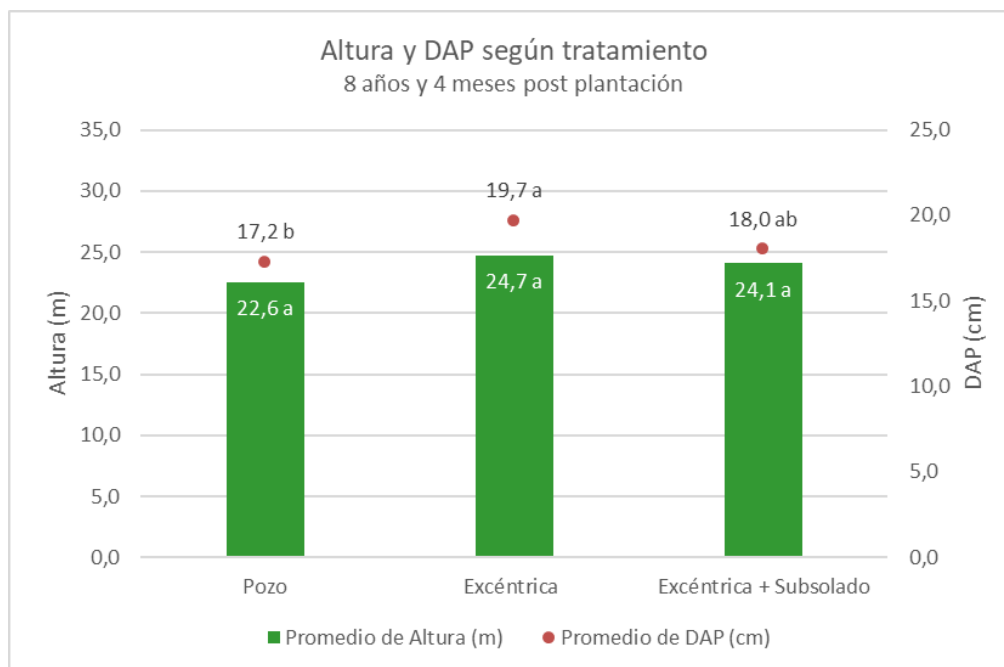


Figura 9. Altura y Diámetro a la Altura del Pecho según tratamiento (Ensayo 1). Medias con una letra en común no muestran diferencias significativas ($p > 0.05$).

Los resultados coinciden parcialmente con los obtenidos por Finger et al. (1996) en los que se alcanzaron crecimientos mayores en Altura y DAP a favor del laboreo con subsulado respecto a la plantación al pozo, aunque no tuvieron diferencias estadísticas.

5.1.3. Volumen por árbol y Volumen por Hectárea

Según el análisis para la variable Volumen por árbol se puede determinar que existen diferencias significativas entre tratamientos (p -valor=0,01). Tal como se observa en Figura 10 el tratamiento de laboreo con Excéntrica permitió alcanzar un mayor crecimiento, mientras que con la Plantación al Pozo se obtuvo el menor promedio. En el caso de Excéntrica + Subsulado, no se encontraron diferencias respecto a los demás tratamientos.

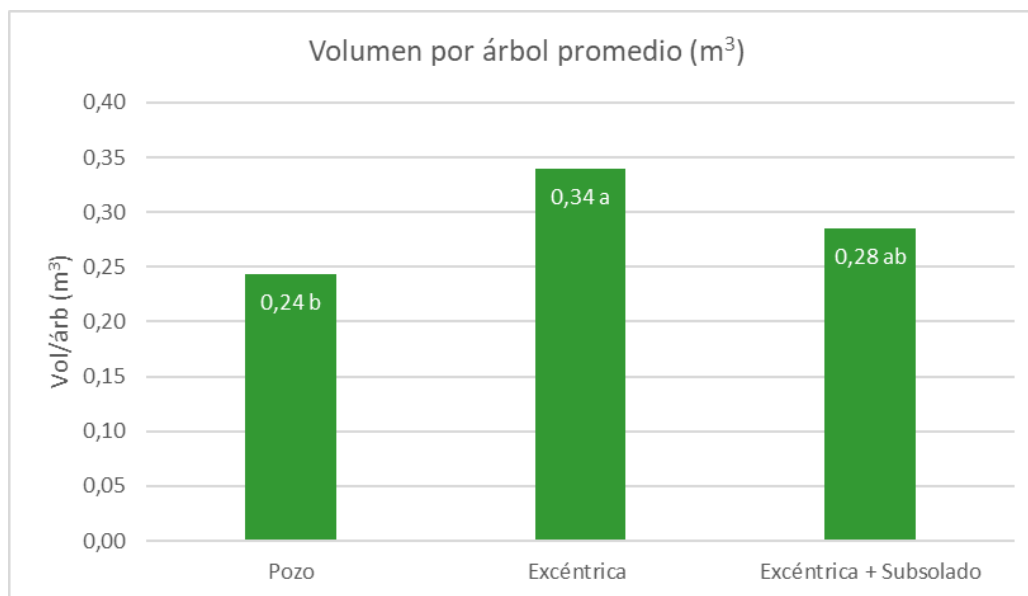


Figura 10. Volumen por árbol, según tratamiento (Ensayo 1). Medias con una letra en común no muestran diferencias significativas ($p > 0.05$).

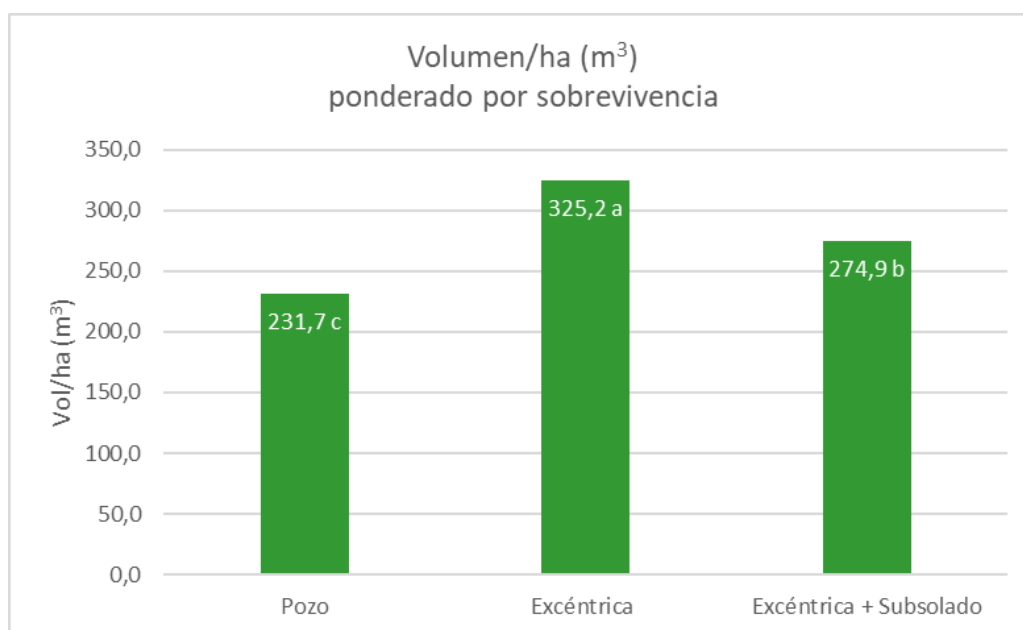


Figura 11. Volumen por hectárea, según tratamiento (Ensayo 1). Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Por último, en cuanto al Volumen por Hectárea (Figura 11), se obtuvo como resultado que a los 8 años y 4 meses existen diferencias significativas en producción de biomasa (p-valor=0,0006).

Se observa que el tratamiento con el que se obtuvo mayor productividad fue el laboreo con Excéntrica, alcanzando una media de 325,2 m³/ha (con corteza). En promedio se produjeron 93,5 m³/ha adicionales por realizar laboreo con Excéntrica respecto a Plantación al Pozo, lo cual representa un 40,3% más de productividad. En el caso del laboreo con Excéntrica + Subsulado se obtuvo 18,6% adicional cuando se compara con realizar la Plantación al Pozo. Por último, cuando se compara Excéntrica vs Excéntrica + Subsulado el incremento de productividad corresponde a un 18,2%.

5.2. RESULTADOS DE ENSAYO 2

En este ensayo el procesamiento de los datos fue de forma idéntica al Ensayo 1. La diferencia entre ellos es que este ensayo se midió con 11 meses más de edad (9 años y 3 meses vs. 8 años y 4 meses).

5.2.1. Supervivencia y análisis de fallas en el fuste

En el análisis realizado por medio de un MLGM para la variable % de Supervivencia, se detectó que no hay efecto de los tratamientos sobre esta variable (p-valor=0,76). Se presentan los valores de % de Supervivencia por tratamiento en la Figura 12.

En lo que respecta a la clasificación de los defectos en el fuste se pudo constatar que en todos los tratamientos el defecto predominante era “una torcedura bien marcada en el fuste” y no se encontró relación entre los tratamientos y la presencia de estos defectos (p-valor=0,52).

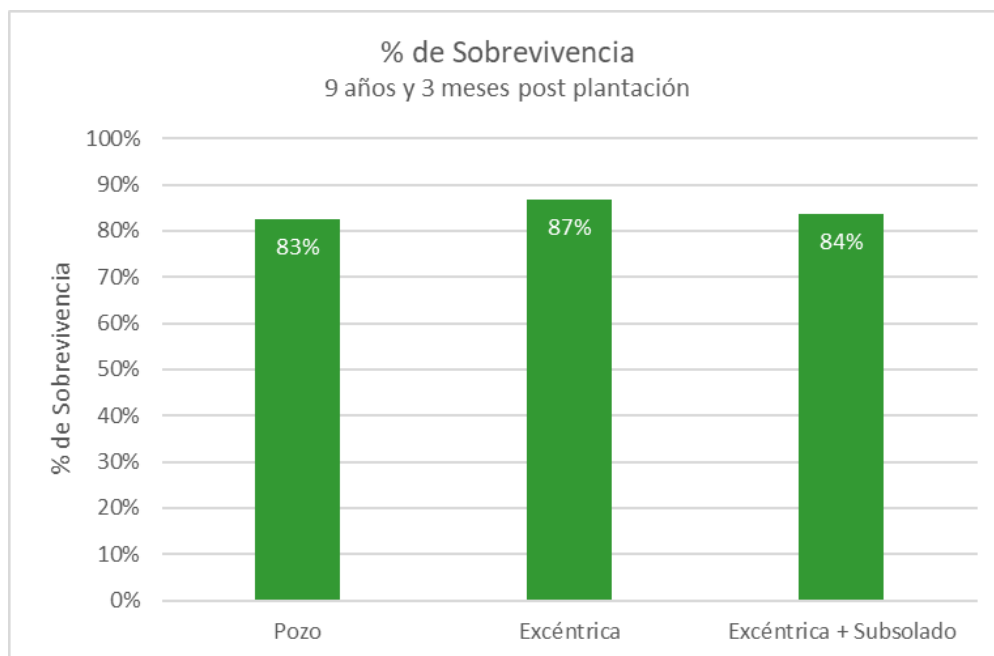


Figura 12. % de supervivencia según tratamiento (Ensayo 2).

5.2.2. Altura y DAP, Volumen por árbol y Volumen por hectárea

Los resultados indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos para todos los parámetros analizados, tal como se puede observar en las Figuras 13, 14 y 15.

Se destaca que en una evaluación previa realizada sobre este mismo ensayo por González Barrios (2014), se obtuvo que hasta los 30 meses los laboreos con Excéntrica y Excéntrica + Subsulado fueron superiores a Plantación al Pozo tanto en Altura como en DAP. En este sentido, nuestros resultados coinciden con los de García Préchac et al. (2001), en donde concluyeron que en *Eucalyptus dunnii* creciendo sobre un Argisol las diferencias de crecimiento a favor de una mayor intensidad de laboreo detectadas en el primer año de plantación, dejan de ser significativas al final del segundo.

Por otra parte, Cavichiolo et al., citados por González Barrios (2014), en un estudio realizado sobre un suelo similar al del ensayo encontraron un efecto significativo del laboreo sobre las propiedades físicas del suelo, pero no detectaron diferencias en Altura ni en DAP.

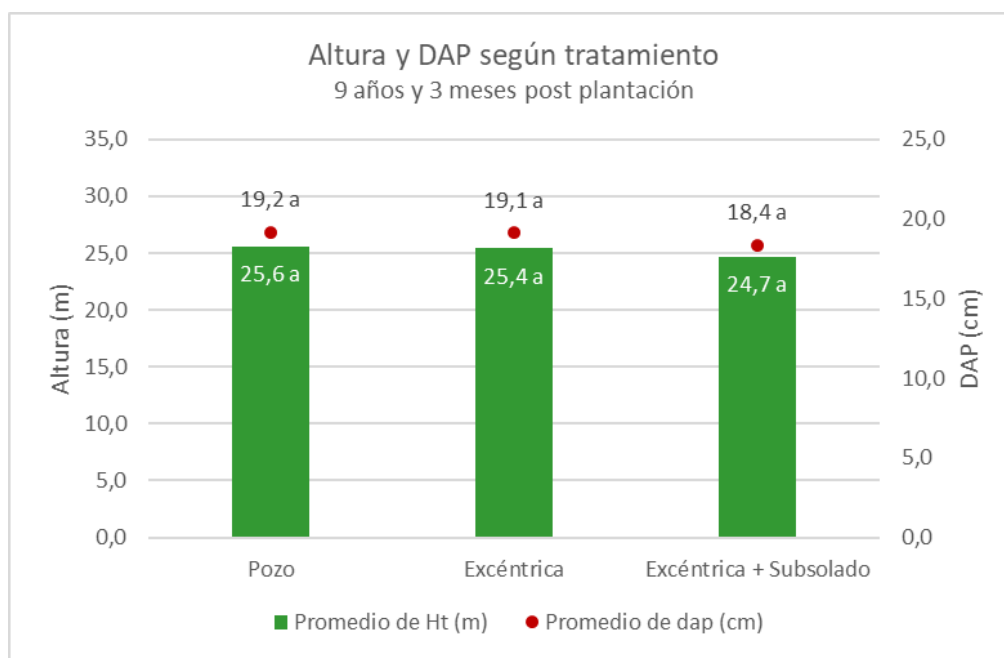


Figura 13. Altura y Diámetro a la Altura del Pecho, según tratamiento (Ensayo 2). Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

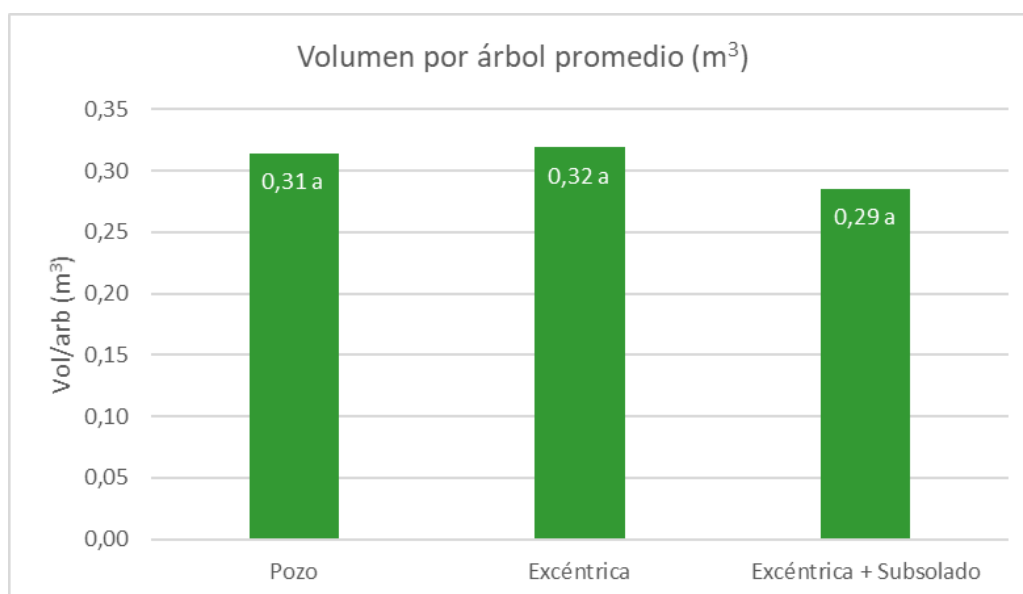


Figura 14. Volumen por árbol, según tratamiento (Ensayo 2). Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

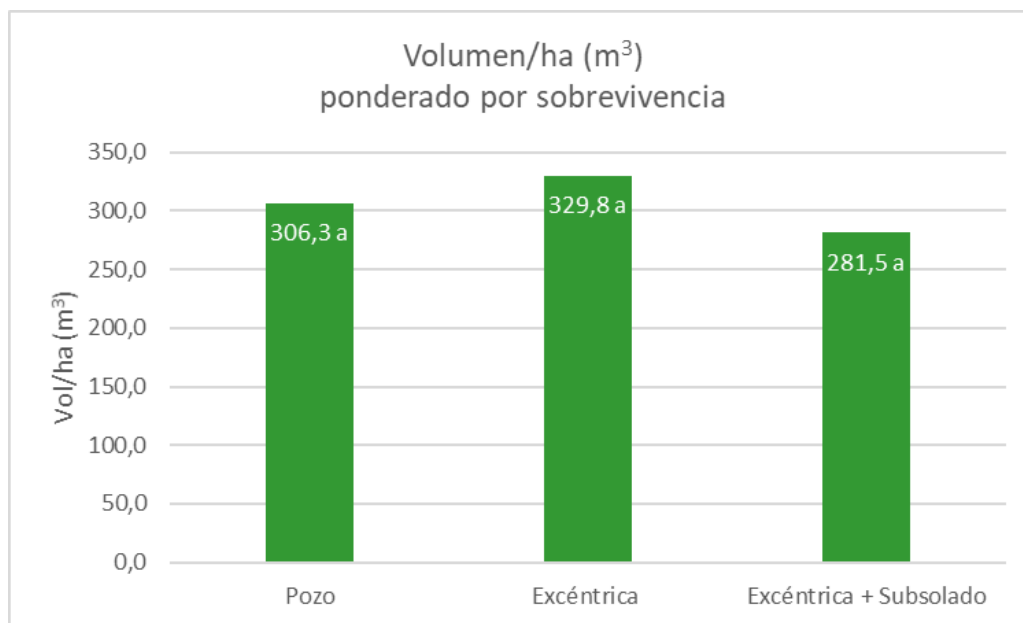


Figura 15. Volumen por hectárea, según tratamiento (Ensayo 2). Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

5.3. INCREMENTO MEDIO ANUAL

Como se observa en el Cuadro 3 el tratamiento de Plantación al Pozo en el Brunosol es el que presenta menor tasa de crecimiento, incluso cuando se lo compara con los demás tratamientos en el suelo Litosol. Esto podría estar dado por la presencia de un horizonte argilúvico que genera una mayor resistencia al crecimiento radicular. Por esta razón, una vez levantada esta limitante con sistemas de laboreo con excéntrica, la mayor fertilidad de este tipo de suelos permite obtener mayor respuesta en crecimiento y por lo tanto mayor rendimiento por unidad de superficie, lo cual se evidencia en los IMA obtenidos en este sitio en los tratamientos de Excéntrica (ya sea con o sin subsolado).

Por el contrario, en el ensayo sobre Litosol no se observa una respuesta clara a los tratamientos, por lo que se puede deducir que la mayor limitante en este sitio está asociada a la fertilidad natural del mismo.

Cuadro 3. Incremento Medio Anual (IMA) con corteza, por tratamiento y ensayo.

	Tratamiento	IMA con corteza (m³/ha/año)
Ensayo 1 (Brunosol)	Pozo	28
	Excéntrica	39
	Excéntrica + Subsulado	33
Ensayo 2 (Litosol)	Pozo	33
	Excéntrica	36
	Excéntrica + Subsulado	31

6. CONCLUSIONES

Sobre el suelo Brunosol los resultados de mayor crecimiento a favor del laboreo con excéntrica frente a la plantación al pozo evidencian la importancia de realizar esta práctica en este tipo de suelos (arcillosos). En tanto, el laboreo con excéntrica + subsolado no se justificaría debido a que no se obtiene mayor incremento en productividad y además significaría un aumento en los costos de plantación. Mediante el laboreo solo con excéntrica se obtienen promedios significativamente mayores en comparación con Plantación al Pozo en los parámetros DAP, Volumen por árbol y Volumen por hectárea, no encontrándose diferencias en Altura. El tratamiento de laboreo con Excéntrica + Subsolado tuvo un comportamiento intermedio en todas las variables analizadas. En este sitio se detectó que la respuesta positiva a los laboreos con excéntrica se mantiene hasta la edad previa a cosecha, por lo que se rechaza la hipótesis planteada. Por otra parte, no se constata una relación directa entre la mayor intensidad de laboreo y la productividad final.

Sobre el suelo Litosol no se detectaron diferencias en los parámetros analizados. No se observó respuesta a las diferentes intensidades de laboreo, lo cual estaría explicado por limitantes en la fertilidad de este tipo de suelos y/o impedimentos físicos. En vista de estos resultados no se rechaza la hipótesis planteada, ya que el efecto positivo de una mayor intensidad de laboreo sobre el crecimiento inicial se pierde hacia el final del turno.

En cuanto a la sobrevivencia no se puede concluir respecto al efecto de los tratamientos sobre este parámetro, debido a las reposiciones realizadas en el primer mes post-plantación.

En definitiva, la implementación de laboreo con Excéntrica sería la mejor alternativa para ambos sitios, ya que con este tratamiento se observa mayor respuesta en crecimiento. Además, implicaría menores costos en la plantación y generaría una menor emisión de gases de efecto invernadero.

Por último, podría ser de gran utilidad para futuros ensayos contar con parcelas de mayor tamaño para tener más cantidad de individuos y mejorar la estimación de las medias y sus respectivas comparaciones. Se debería evitar la reposición de plantas ya que este parámetro es fundamental para determinar la productividad final. Dados los resultados, sería interesante evaluar más tratamientos con diferentes profundidades y diferentes sistemas de laboreo para determinar en qué medida estos sistemas afectan la productividad final.

7. RESUMEN

Los ensayos evaluados en este estudio se ubicaron en el departamento de Río Negro (Uruguay), en el establecimiento “Santa Elena”, patrimonio de la empresa UPM Forestal Oriental S.A. El objetivo principal del estudio es determinar la relación entre la intensidad de laboreo y la productividad de *E. grandis* en edad próxima a la cosecha. En abril de 2011 se instalaron dos ensayos idénticos en cuanto a sus tratamientos: un ensayo sobre un suelo clasificado como Brunosol (E1) y otro ensayo sobre un Litosol (E2). Los tratamientos fueron: plantación al pozo en “casillas” (P), laboreo en la fila con excéntrica + acamellonado (E) y laboreo en la fila con subsolador + excéntrica liviana + acamellonado (E+S). Los resultados obtenidos en E1 sugieren que a 8 años y 4 meses desde plantación existen diferencias significativas en productividad a favor del tratamiento E, cuando se compara con los demás tratamientos. Por realizar laboreo con E se incrementa la productividad en 40,3% (medido como m³/ha de madera con corteza) respecto a P y el incremento es de 18,2% cuando se compara E con E+S. En E2 a los 9 años y 3 meses post- plantación no existen diferencias entre tratamientos para las variables analizadas.

Palabras clave: *Eucalyptus grandis*, laboreo, subsolado, excéntrica, crecimiento

8. SUMMARY

The trials evaluated in this study were located in the province of Rio Negro (Uruguay) at the Santa Elena premises, a estate of the UPM Forestal Oriental company. The main objective of this study is to determine the relationship between tillage intensity and productivity of *E. grandis* in age close to harvest. In April of 2011, two identical trials in terms of treatment were put in place: one on soil classified as Bromosol (E1) and another trial on a Litosol (E2). The treatments were: cultivation in “compartments” (P), tillage in rows with disc-harrow and ridges (E) and tillage in rows with subsoiler, light disk-harrow and ridges (E + S). The results obtained in E1 suggest that at the age of 8 years and 4 months from the date of cultivation there exists significative differences in growth in favor of the tillage in treatment E when compared to the rest of treatments. Upon treatment E, productivity increased by 40,3% compared to P (measured in m³/ha of wood with bark); and productivity increased by 18,2% comparing treatment E with E+S. In E2, at age 9 years and 3 months post-cultivation, there does not exist differences between treatments based on the analyzed variables.

Keywords: *Eucalyptus grandis*, tillage, subsoiling, disk-harrow, growth

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguerre, M.; Carpineti, L.; Dalla Tea, F.; Denegri, G.; Frangi, J.; Garran, S.; Giménez, E.; Glade, J.; Larocca, L.; Marco, M.; Mendonza, L.; Pujato, J.; Rembado, G.; Sánchez Acosta, M.; Vaccaro, N. 1995. Manual para productores de eucaliptos de la Mesopotamia Argentina. (en línea). Entre Ríos, INTA. 171 p. Consultado 17 ene. 2020. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-manual_para_productores_de_eucaliptos_de_la_mesopotam.pdf
2. Altamirano, A.; Da Silva, H.; Durán, A.; Echevarría, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: clasificación de suelos. Montevideo, MGAP. 96 p.
3. Annunziatto, W.; Petraglia, C.; Tommasino, H. 2016. Los suelos de prioridad forestal y su productividad. In: MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, UY). Anuario OPYPA. Montevideo. pp. 527 - 532.
4. Aparicio, J.; Larocca, F.; Dalla Tea, F. 2005. Silvicultura de establecimiento de *Eucalyptus grandis*. (en línea). IDIA XXI. 5(8): 64 - 67. Consultado 19 jul. 2019. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/consulta/busca?b=ad&id=28820&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22Dalla%20Tea,%20F.%22&qFacets=autoria:%22Dalla%20Tea,%20F.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>
5. Arriaga Tamosiunas, M. E. 2018. Resultados de la cartografía forestal nacional. (en línea). Montevideo, MGAP. Consultado 12 jun. 2021. Disponible en <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/informe-resultados-cartografia-forestal-nacional-2018>
6. Baptista, J.; Levien, R. 2010. Métodos de preparo de solo e sua influência na erosão hídrica e no acúmulo de biomassa da parte aérea de Eucalyptus Saligna em um cambissolo háplico da depressão central do Rio Grande do Sul. (en línea). *Árvore*. 34(4): 567 - 575. Consultado 24 abr. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000400001>

7. Bollazzi, M. 2015. Manejo de hormigas cortadoras en plantaciones forestales. Montevideo, Facultad de Agronomía. 24 p.
8. Bossi, J.; Ferrando, L.; Montaña, J.; Campal, N.; Morales, H.; Gancio, F.; Schipilov, A.; Piñeyro, D.; Sprechmann, P. 1998. Carta geológica del Uruguay: escala 1:500.000. Montevideo, Facultad de Agronomía. 37 p.
9. _____; Ortiz, A.; Caggiano, R.; Olveira, C. 2011. Manual didáctico de geología para estudiantes de agronomía. Montevideo, Udelar. 154 p.
10. Breganti, A.; Tortosa, F. 2014. Impacto del laboreo con subsolado y excéntrica en las características de sobrevivencia y crecimiento de *E. Grandis hill ex maiden* en suelos del grupo CONEAT 9.1. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 70 p.
11. Brussa, C. A. 1994. Eucalyptus: especies de cultivo más frecuente en Uruguay y regiones de clima templado. Montevideo, Hemisferio Sur. 328 p.
12. Califra, A.; Durán, A. 2010. Suelos de aptitud forestal: criterios para selección, área de distribución, características morfológicas, físicas y químicas. In: Jornadas de Actualización Técnica (2010, Tacuarembó, Uruguay). 10 años de investigación en producción forestal: productividad y preservación de los recursos suelo y agua. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 1 - 5.
13. Castaño, J. P.; Giménez, A.; Ceroni, M.; Furest, J.; Aunchayna, R. 2011. Caracterización agroclimática del Uruguay 1980-2009. Montevideo, INIA. 40 p. (Serie técnica no. 193).
14. Dalla Tea, F. 1995. Nuevas alternativas de plantación de Eucalipto en la zona de Concordia. In: Jornadas Forestales de Entre Ríos (10ª., 1995, Concordia, Argentina). Memorias. Concordia, INTA. pp. 1 - 10.
15. _____. 1997. Replantación de *Eucalyptus grandis*: efectos de la quema de residuos y fertilización en suelos arenosos del noreste de Entre Ríos. Revista de la Facultad de Agronomía. 102(1): 23 - 31.

16. Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., Robledo, C. W. 2008. InfoStat, versión 2008. Córdoba, Universidad Nacional de Córdoba. Consultado 7 nov. 2022. Disponible en <https://www.infostat.com.ar/index.php?mod=page&id=37>
17. Finger, C. A.; Valdir, M. V.; Schneider, P. R.; Hoppe, J. M. 1996. Influência da camada de impedimento no solo sobre o crescimento de *Eucalyptus grandis* (Hill) ex Maiden. *Ciência Florestal*. 6(1): 137 - 145.
18. Franca, J. S.; Reichert, J. M.; Holthusen, D.; Rodrigues, M. F.; Frank De Araujo, E. 2021. Subsoiling and mechanical hole-drilling tillage effects on soil physical properties and initial growth of eucalyptus after eucalyptus on steep lands. (en línea). *Soil and Tillage Research*. 207(159): e104860. Consultado 23 abr. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104860>
19. García, E.; Sotomayor, A.; Silva, S.; Valdebenito, G. 2000. Establecimiento de plantaciones forestales: *Eucalyptus sp.* (en línea). Santiago, INFOR. 34 p. Consultado 9 jul. 2019. Disponible en <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/6453>
20. García, M.; De la Peña, C. 2013. Respuesta a la fertilización de otoño en plantaciones de eucalipto en Entre Ríos. *Quebracho*. 21(1-2): 16 - 25.
21. García Préchac, F.; Pérez Bidegain, M.; Christie, S.; Santini, P. 2001. Efecto de la intensidad de laboreo en el crecimiento aéreo y radicular de *Eucalyptus dunnii* y sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo. *Agrociencia (Uruguay)*. 5(1): 1 - 9.
22. Gatto, A.; Felix de Barros, N.; Ferreira de Novais, R.; Marciano da Costa, L.; Lima Neves, J. C. 2003. Efeito do método de preparo do solo, em área de reforma, nas suas características, na composição mineral e na produtividade de plantações de *Eucalyptus grandis*. *Árvore*. 27(5): 635 - 645. Consultado 27 abr. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000500006>

23. González Barrios, P. 2014. Comparación de modelos de análisis espacial para mejorar el manejo sitio específico de plantaciones de eucaliptus. Tesis Mag. Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 103 p.
24. Hernández, J. 2015. La forestación en el Uruguay: impacto en propiedades químicas del suelo y limitantes nutricionales. In: Seminario SPF (2015, Montevideo, Uruguay). La forestación, el suelo y el agua. Montevideo, Facultad de Agronomía. 43 p. Consultado 12 jun. 2021. Disponible en http://www.spf.com.uy/wp-content/uploads/2019/06/Forestacion_su_efecto_en_propiedades_quimicas_d_e_suelo_y_dinamica_de_nutrientes_Expositor-Jorge_Hernandez.pdf
25. Hirigoyen, A. 2011. Evaluación del daño causado por mancha foliar (*Teratosphaeria nubilosa*) en *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus*, bajo dos tratamientos de fertilización. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 83 p.
26. Larocca, F.; Dalla Tea, F.; Aparicio, J. L. 2004. Técnicas de implantación y manejo de *Eucalyptus grandis* para pequeños y medianos forestadores en Entre Ríos y Corrientes. (en línea). In: Jornadas Forestales de Entre Ríos (19^a., 2004, Concordia, Argentina). Memorias. s.n.t. pp. 1 - 16. Consultado 4 jul. 2019. Disponible en https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/79970/mod_resource/content/1/Implantaci%C3%B3n%20y%20manejo%20E.%20grandis.pdf
27. Lineros, M.; Espinosa, M.; Acuña, E.; García, J. 1996. Efecto del subsolado sobre el crecimiento inicial de plantas de *Pinus radiata* D. Don en áreas alteradas por skidder. (en línea). In: Congreso Forestal Mundial (12^o., 2003, Québec, Canadá). Trabajos presentados. Chile, UDEC. s.p. Consultado 17 jul. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/3/XII/0543-B4.htm>
28. López de los Santos, M. 2010. Fertilización nitrogenada de plantaciones jóvenes de *E. grandis*: eficiencia de uso y distribución interna del N 45 días post-aplicación. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 63 p.

29. Manqui, F.; Allende, M.; Villablanca, A. 2012. Preparación de suelos. (en línea). Arica, INIA. 4 p. (Informativo INIA no. 62). Consultado 17 jul. 2019. Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/4424>
30. Martínez, C.; Riquelme, M.; Santadino, M.; De Haro, A. M.; Barañaño, J. 2015. Estudios sobre el comportamiento de forrajeo de *Acromyrmex lundi* Guering (Hymenoptera: Formicidae) y su efecto sobre el crecimiento de procedencias de *Eucalyptus globulus* Labill. (Myrtaceae). *Árvore*. 39(1): 189 - 198.
31. Methol, R. 2001. Manejo silvicultural de Eucalyptus. In: Bennadji, Z. ed. Seminario de actualización en tecnologías forestales para areniscas de Tacuarembó y Rivera (2001, Tacuarembó, Uruguay). Trabajos presentados. Tacuarembó, INIA. pp. 105 - 121.
32. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2018. Anuario estadístico agropecuario interactivo. (en línea). Montevideo. 211 p. Consultado 18 jun. 2019. Disponible en https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2018/Anuario_2018.pdf
33. MGAP. DRNR (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Recursos Naturales Renovables, UY). s.f. Carta grupo suelos CONEAT. (en línea). Montevideo. Consultado 16 ene. 2020. Disponible en <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/politicas-y-gestion/coneat>
34. Montgomery, D. C. 2010. Diseño y análisis de experimentos. 2a. ed. México, Limusa Wiley. 700 p.
35. Pardo, M. F. 2004. Evaluación de crecimiento de un ensayo de progenies de *E. grandis* W. Hill ex Maiden de 11 años de edad instalado en la Estación Experimental Bañado de Medina (E.E.B.M). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 79 p.
36. Porcile, J. F.; Díaz, E. D.; Tamosiunas, M.; Amaro, C. 1995. Importancia de las malezas en la producción forestal. (en línea). In: Congreso Latinoamericano de Malezas (12º., 1995, Montevideo, Uruguay). Trabajos presentados.

- Montevideo, INIA. pp. 470 - 478. Consultado 28 mar. 2020. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8390/1/st-56A-1995-p.470-478.pdf>
37. Preciozzi, F.; Spoturno, J.; Heinzen, W.; Rossi, P. 1985. Memoria explicativa de la carta geológica del Uruguay a la escala 1:500.000. (en línea). Montevideo, MIEM. 97 p. Consultado 14 ene. 2020. Disponible en https://www.miem.gub.uy/sites/default/files/memoria_carta_geologica_del_uruguay.pdf
38. Prevedello, J.; Kaiser, D. R.; Reinert, D. J.; Saldanha, E.; Fontanela, E.; Reichert, J. M. 2013. Manejo do solo e crescimento inicial de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em argissolo. *Ciência Florestal*. 23(1): 129 - 138.
39. Principi Dabove, H.; Loza Balbuena, G. 1998. Respuesta de *Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus globulus ssp. maidenii* a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en suelos de Durazno, Paysandú y Rivera. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 86 p.
40. Reichert, J. M.; Arruda Santana Morales, C.; Moura Lima, E.; De Bastos, F.; Sampietro, J. A.; Frank De Araujo, E.; Srinivasan, R. 2021. Best tillage practices for early-growth of clonal eucalyptus in soils with distinct granulometry, drainage and profile depth. *Soil and Tillage Research*. 212: e105038. Consultado 28 abr. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105038>
41. Resquin, F.; De Mello, J.; Fariña, I.; Mieres, J.; Assandri, L. 2005. Caracterización de la celulosa de especies del género *Eucalyptus* plantadas en Uruguay. (en línea). Montevideo, INIA. 84 p. (Serie técnica no. 152). Consultado 13 ene. 2020. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429160709160425.pdf>
42. Riquelme, J.; Carrasco, J.; Valenzuela, F. 2010. Equipos de labranza para el manejo de suelos. *In*: Carrasco, J.; Riquelme, J. eds. Manejo de suelos para el establecimiento de huertos frutales. (en línea). Rengo, INIA. pp. 11 - 18.

Consultado 28 ene. 2020. Disponible en
<https://hdl.handle.net/20.500.14001/7335>

43. Rodríguez, C. A.; Daza, O. H. 1995. Preparación de suelos. (en línea) In: Cassalett, C.; Torres, J.; Echeverry, C. eds. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Casli, Cenizaña. pp. 109 - 114. Consultado 17 jul. 2019.
Disponible en
https://www.cenicana.org/pdf_privado/documentos_no_seridados/libro_el_cultivo_cana/libro_p109-114.pdf
44. Sabattini, J. 2017. Impacto de hormigas cortadoras de hojas en ecosistemas implantados de Sudamérica. Tesis Mag. Corrientes, Argentina. Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Ciencias Agrarias. 77 p.
45. Sotomayor, G. A.; Helmke, W. E.; García, R. E. 2002. Manejo y mantención de plantaciones forestales; *Pinus radiata* y *Eucaliptus sp.* 23^a. ed. Santiago, LOM. 50 p.
46. Uruguay XXI. 2018. Oportunidades de inversión: sector forestal. Montevideo. 41 p.
47. Villalba, J.; Montouto, C.; Cazabán, J.; Caraballo, P.; Bentancur, O. 2010. Efecto del laboreo sobre la eficiencia del herbicida y el crecimiento de *Eucalyptus spp.* *Agrociencia* (Uruguay). 14(2): 45 - 54.

10. ANEXOS

Análisis de la varianza

Promedio de Altura (m)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Promedio de Altura (m)	15	0,55	0,21	5,80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	18,36	6	3,06	1,62	0,2585
BLO	4,96	4	1,24	0,66	0,6396
TRAT	13,40	2	6,70	3,54	0,0792
Error	15,15	8	1,89		
Total	33,51	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,48658

Error: 1,8932 gl: 8

TRAT	Medias	n	E.E.
Excéntrica	24,80	5	0,62 A
Excéntrica + Subsulado	23,88	5	0,62 A
Pozo	22,50	5	0,62 A

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

Figura anexo 1. Análisis de varianza y Test de Tukey para variable Altura (Ensayo 1).

Promedio de DAP (cm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Promedio de DAP (cm)	15	0,71	0,50	6,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	23,90	6	3,98	3,30	0,0612
BLO	6,07	4	1,52	1,26	0,3619
TRAT	17,84	2	8,92	7,39	0,0152
Error	9,66	8	1,21		
Total	33,56	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,98560

Error: 1,2072 gl: 8

TRAT	Medias	n	E.E.
Excéntrica	19,76	5	0,49 A
Excéntrica + Subsulado	18,00	5	0,49 A B
Pozo	17,14	5	0,49 B

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

Figura anexo 2. Análisis de varianza y Test de Tukey para variable DAP (Ensayo 1).

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Promedio de Vol/arb (m3)	15	0,71	0,50	13,33	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,03	6	4,9E-03	3,34	0,0594
BLO	4,8E-03	4	1,2E-03	0,80	0,5552
TRAT	0,02	2	0,01	8,41	0,0108
Error	0,01	8	1,5E-03		
Total	0,04	14			
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,06952					
Error: 0,0015 gl: 8					
TRAT	Medias	n	E.E.		
Excéntrica	0,34	5	0,02	A	
Excéntrica + Subsulado	0,28	5	0,02	A B	
Pozo	0,24	5	0,02	B	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					

Figura anexo 3. Análisis de varianza y Test de Tukey para variable Volumen por árbol (Ensayo 1).

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Vol/ha*sob	15	0,86	0,76	8,38	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	26861,23	6	4476,87	8,41	0,0042
BLO	4002,38	4	1000,60	1,88	0,2076
TRAT	22858,85	2	11429,42	21,47	0,0006
Error	4259,48	8	532,44		
Total	31120,71	14			
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=41,70050					
Error: 532,4355 gl: 8					
TRAT	Medias	n	E.E.		
Excéntrica	323,94	5	10,32	A	
Excéntrica + Subsulado	273,70	5	10,32	B	
Pozo	228,36	5	10,32	C	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					

Figura anexo 4. Análisis de varianza y Test de Tukey para variable Volumen por hectárea (Ensayo 1).

Modelos lineales generalizados mixtos

Especificación del modelo en R

```
mlgm.modelo.001_Suma.de.Sobreviv2_ML<-glm(cbind(Suma.de.Sobreviv2
,as.numeric(as.character(Cuenta.de.Sobreviv)))-Suma.de.Sobreviv2)~1+Tratamie
,family=myFamily
,na.action=na.omit
,data=R.data00)
```

Resultados para el modelo: mlgm.modelo.001_Suma.de.Sobreviv2_ML

Variable dependiente: Suma.de.Sobreviv2

General

Familia	Enlace	Convergencia	Escala
binomial	logit	Alcanzada	1,00

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Deviance
15	66,91	69,03	-30,46	8,69

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales para los efectos fijos

	Df	Deviance	Resid.	Df	Resid.	Dev	Pr(>Chi)
NULL				14		8,77	
Tratamie	2	0,08		12		8,69	0,9626

Pruebas de hipótesis marginales (Wald) para los efectos fijos

Source	numDF	denDF	F-value	p-value
Tratamie	2	12	0,04	0,9627

Efectos fijos

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	1,51	0,20	7,74	<0,0001
TratamieExcéntrica + Subs...	0,04	0,28	0,14	0,8895
TratamiePozo	-0,04	0,27	-0,14	0,8908

Suma.de.Sobreviv2 - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamie

Inversa de la función de enlace con efecto aleatorio=0

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamie	PredLin	E.E.	Media	E.E.
Excéntrica + Subs.	1,55	0,20	0,82	0,03 A
Excéntrica	1,51	0,20	0,82	0,03 A
Pozo	1,47	0,19	0,81	0,03 A

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

Figura anexo 5. MLG (binomial) y Test de Fisher para variable Sobrevivencia (Ensayo 1).


```

Modelos lineales generalizados mixtos

Especificación del modelo en R

mlgm.modelo.004 Suma.de.Plantas.falladas_ML<-
glm(cbind(Suma.de.Plantas.falladas
,as.numeric(as.character(Cuenta.de.Plantas.vivas))-
Suma.de.Plantas.falladas)~1+TRAT
,family=myFamily
,na.action=na.omit
,data=R.data04)

Resultados para el modelo: mlgm.modelo.004_Suma.de.Plantas.falladas_ML

Variable dependiente: Suma.de.Plantas.falladas

General

Familia Enlace Convergencia Escala
binomial logit Alcanzada 1,00

Medidas de ajuste del modelo

N AIC BIC logLik Deviance
15 56,20 58,32 -25,10 11,94
AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales para los efectos fijos

Df Deviance Resid. Df Resid. Dev Pr(>Chi)
NULL 14 12,87
TRAT 2 0,93 12 11,94 0,6281

Pruebas de hipótesis marginales (Wald) para los efectos fijos

Source numDF denDF F-value p-value
TRAT 2 12 0,46 0,6407

Efectos fijos

Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept) -0,73 0,33 -2,24 0,0252
TRATPozo 0,20 0,43 0,46 0,6462
TRATSub + Exc -0,20 0,45 -0,45 0,6517

Suma.de.Plantas.falladas - Medias ajustadas y errores estándares para TRAT
Inversa de la función de enlace con efecto aleatorio=0
LSD Fisher (Alfa=0,05)
Procedimiento de corrección de p-valores: No

TRAT PredLin E.E. Media E.E.
Pozo -0,53 0,28 0,37 0,07 A
Excéntrica -0,73 0,33 0,33 0,07 A
Sub + Exc -0,93 0,30 0,28 0,06 A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

```

Figura anexo 6. MLG (binomial) y Test de Fisher para variable Plantas con fallas en fuste (Ensayo 1).

Cálculo de densidad real de plantación por tratamiento					
Largo de 1 fila (m) =	28,8				
Largo de 3 filas (m) =	86,4				
Distancia entre filas =	3,5				
Distancia entre planta = largo de 3 filas / árboles_vivos + espacios_sin_árboles					
Densidad de parcela = 10000 / (dist. Entre planta * dist. Entre filas)					
Tratamiento	Bloque	Árboles_vivos + espacios_sin_árboles	Dist. Entre planta	Densidad de parcela	Promedio densidad tratamiento
Pozo	1	36	2,40	1190	1171
	2	36	2,40	1190	
	3	37	2,34	1224	
	4	35	2,47	1157	
	5	33	2,62	1091	
Excéntrica	1	36	2,40	1190	1171
	2	35	2,47	1157	
	3	37	2,34	1224	
	4	36	2,40	1190	
	5	33	2,62	1091	
Excéntrica + Subsulado	1	36	2,40	1190	1171
	2	35	2,47	1157	
	3	36	2,40	1190	
	4	37	2,34	1224	
	5	33	2,62	1091	

Figura anexo 7. Cálculo de densidad real de plantación por tratamiento (Ensayo 1).

Análisis de la varianza					
Promedio de Altura (m)					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Promedio de Altura (m)	9	0,17	0,00	5,39	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,57	4	0,39	0,21	0,9189
BLO	0,18	2	0,09	0,05	0,9525
TRAT	1,39	2	0,69	0,37	0,7093
Error	7,40	4	1,85		
Total	8,97	8			
Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,95927					
Error: 1,8512 gl: 4					
TRAT	Medias	n	E.E.		
Pozo	25,68	3	0,79	A	
Excéntrica	25,30	3	0,79	A	
Excéntrica + Subsulado	24,72	3	0,79	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					

Figura anexo 8. Análisis de varianza y Test de Tukey para variable Altura (Ensayo 2).

Promedio de dap (cm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Promedio de dap (cm)	9	0,53	0,07	5,33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,65	4	1,16	1,14	0,4508
BLO	3,58	2	1,79	1,76	0,2834
TRAT	1,07	2	0,53	0,52	0,6280
Error	4,08	4	1,02		
Total	8,73	8			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,93903
 Error: 1,0201 gl: 4

TRAT	Medias	n	E.E.
Excéntrica	19,21	3	0,58 A
Pozo	19,17	3	0,58 A
Excéntrica + Subsulado	18,46	3	0,58 A

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

Figura anexo 9. Análisis de varianza y Test de Tukey para variable DAP (Ensayo 2).

Análisis de la varianza

Promedio de Vol/arb (m3)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Promedio de Vol/arb (m3)	9	0,37	0,00	14,21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,5E-03	4	1,1E-03	0,58	0,6935
BLO	2,8E-03	2	1,4E-03	0,73	0,5349
TRAT	1,6E-03	2	8,2E-04	0,43	0,6776
Error	0,01	4	1,9E-03		
Total	0,01	8			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,12750
 Error: 0,0019 gl: 4

TRAT	Medias	n	E.E.
Excéntrica	0,32	3	0,03 A
Pozo	0,32	3	0,03 A
Excéntrica + Subsulado	0,29	3	0,03 A

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

Figura anexo 10. Análisis de varianza y Test de Tukey para variable Volumen por árbol (Ensayo 2).

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Vol/ha*sob	9	0,31	0,00	14,50	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3582,60	4	895,65	0,45	0,7692
BLO	103,67	2	51,84	0,03	0,9743
TRAT	3478,93	2	1739,47	0,88	0,4826
Error	7914,69	4	1978,67		
Total	11497,29	8			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=129,44269
 Error: 1978,6713 gl: 4

TRAT	Medias	n	E.E.
Excéntrica	330,12	3	25,68 A
Pozo	307,96	3	25,68 A
Excéntrica + Subsulado	282,01	3	25,68 A

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

Figura anexo 11. Análisis de varianza y Test de Tukey para variable Volumen por hectárea (Ensayo 2).

Modelos lineales generalizados mixtos					
Especificación del modelo en R					
<pre>mlgm.modelo.002_Suma.de.Sob_ML<- glm(cbind(Suma.de.Sob.,as.numeric(as.character(Cuenta.de.Sob)))- Suma.de.Sob)~1+Tratamie ,family=myFamily ,na.action=na.omit ,data=R.data02)</pre>					
Resultados para el modelo: mlgm.modelo.002_Suma.de.Sob. _ML					
Variable dependiente: Suma.de.Sob					
General					
Familia	Enlace	Convergencia	Escala		
binomial	logit	Alcanzada	1,00		
Medidas de ajuste del modelo					
N	AIC	BIC	logLik	Deviance	
12	52,59	54,05	-23,30	7,48	
AIC y BIC menores implica mejor					
Pruebas de hipótesis secuenciales para los efectos fijos					
	Df	Deviance	Resid. Df	Resid. Dev	Pr(>Chi)
NULL			11	8,03	
Tratamie	2	0,55	9	7,48	0,7610
Pruebas de hipótesis marginales (Wald) para los efectos fijos					
Source	numDF	denDF	F-value	p-value	
Tratamie	2	9	0,27	0,7678	
Efectos fijos					
	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	1,85	0,25	7,32	<0,0001	
TratamieExc. + Subsolado	-0,13	0,35	-0,38	0,7073	
TratamiePozo	-0,25	0,34	-0,74	0,4609	
Suma.de.Sob - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamie					
Inversa de la función de enlace con efecto aleatorio=0					
LSD Fisher (Alfa=0,05)					
Procedimiento de corrección de p-valores: No					
Tratamie	PredLin	E.E.	Media	E.E.	
Exc.	1,85	0,25	0,86	0,03	A
Exc. + Subsolado	1,72	0,24	0,85	0,03	A
Pozo	1,60	0,23	0,83	0,03	A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					

Figura anexo 12. MLG (binomial) y Test de Fisher para variable Supervivencia (Ensayo 2).

Modelos lineales generalizados mixtos					
Especificación del modelo en R					
<pre>mlgm.modelo.006_Suma.de.Plantas.falladas_ML<-glm(cbind(Suma.de.Plantas.falladas ,as.numeric(as.character(Cuenta.de.Plantas.vivas))- Suma.de.Plantas.falladas)~1+TRAT ,family=myFamily ,na.action=na.omit ,data=R.data06)</pre>					
Resultados para el modelo: mlgm.modelo.006_Suma.de.Plantas.falladas_ML					
Variable dependiente: Suma.de.Plantas.falladas					
General					
Familia	Enlace	Convergencia	Escala		
binomial	logit	Alcanzada	1,00		
Medidas de ajuste del modelo					
N	AIC	BIC	logLik	Deviance	
12	51,44	52,89	-22,72	19,66	
AIC y BIC menores implica mejor					
Pruebas de hipótesis secuenciales para los efectos fijos					
	Df	Deviance Resid.	Df Resid.	Dev	Pr(>Chi)
NULL			11	20,95	
TRAT	2	1,29	9	19,66	0,5256
Pruebas de hipótesis marginales (Wald) para los efectos fijos					
Source	numDF	denDF	F-value	p-value	
TRAT	2	9	0,61	0,5624	
Efectos fijos					
	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	-1,10	0,37	-3,01	0,0026	
TRATPozo	-0,48	0,55	-0,87	0,3834	
TRATSub + Exc	0,10	0,51	0,19	0,8510	
Suma.de.Plantas.falladas - Medias ajustadas y errores estándares para TRAT					
Inversa de la función de enlace con efecto aleatorio=0					
LSD Fisher (Alfa=0,05)					
Procedimiento de corrección de p-valores: No					
TRAT	PredLin	E.E.	Media	E.E.	
Sub + Exc	-1,00	0,35	0,27	0,07	A
Excéntrica	-1,10	0,37	0,25	0,07	A
Pozo	-1,58	0,42	0,17	0,06	A

Figura anexo 13. MLG (binomial) y Test de Fisher para variable Plantas con fallas en fuste (Ensayo 2).

Cálculo de densidad real de plantación por tratamiento					
Largo de 1 fila (m) =	26,4				
Largo de 3 filas (m) =	79,2				
Distancia entre filas =	3,5				
Distancia entre planta = largo de 3 filas / árboles_vivos + espacios_sin_árboles					
Densidad de parcela = 10000 / (dist. Entre planta * dist. Entre filas)					
Tratamiento	Bloque	Árboles_vivos + espacios_sin_árboles	Dist. Entre planta	Densidad de parcela	Promedio densidad tratamiento
Pozo	1	33	2,40	1190	1178
	2	33	2,40	1190	
	3	32	2,48	1154	
Excéntrica	1	33	2,40	1190	1190
	2	33	2,40	1190	
	3	33	2,40	1190	
Excéntrica + Subsulado	1	32	2,48	1154	1178
	2	33	2,40	1190	
	3	33	2,40	1190	

Figura anexo 14. Cálculo de densidad real de plantación por tratamiento (Ensayo 2).