

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE LA REPUESTA DE CINCO DIFERENTES
HÍBRIDOS DE *Eucalyptus grandis*, CON *Trichoderma harzianum* Y
QUITOSANO EN VIVERO Y PLANTACIÓN**

por

**Agustín BÓFFANO CHEBATAROFF
Mauro Andrés MOSQUEIRA CAMPOS**

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2012**

Tesis aprobada por:

Director:

.....
Ing. Agr. Graciela Romero

.....
Ing. Agr. Lucía Gutiérrez

.....
Ing. Agr. Jonathan Díaz

Fecha: 23 de mayo de 2012.

Autor:

.....
Agustín Bóffano Chebataroff

.....
Mauro Andrés Mosqueira Campos

AGRADECIMIENTOS

Al finalizar este trabajo, queremos agradecer a todas las personas, que de alguna u otra manera nos han ayudado a culminar este trabajo. A la Ing. Agr. Graciela Romero, nuestra directora de tesis, muchas gracias por esta oportunidad, así como por su dedicación y amabilidad. Al Ing. Agr. Juan Pedro Posse, Ing. Agr. Sergio da Luz, Sr. Julio Carballo y todo el personal del vivero del Weyerhaeuser, por su amabilidad y disposición para colaborar con nosotros en todo momento. Al Ing. Agr. Jonathan Díaz y en su nombre a la Agroempresa Forestal, por todo el apoyo recibido. A la Ing. Agr. Lucía Gutiérrez y a la Lic. Andrea Garay por su asesoramiento, su voluntad y amabilidad para poder culminar este trabajo. A la Lic. Sully Toledo de la Dirección General de Bibliotecas y Centro de Documentación, a la Sra. Danila Balbi del Departamento Forestal de Facultad de Agronomía, a ambas, gracias por su colaboración. Al Ing. Agr. José Gándara por su voluntad y disposición, así como sus consejos y por contagiarnos con su entusiasmo.

Agustín: Quiero agradecer a Dios, por guiarme y protegerme de manera continua a lo largo de este tiempo. A mi madre, por estar siempre a mi lado, y por todos los sacrificios realizados, así como por su apoyo incondicional, y las alegrías compartidas. A mi padre, por su apoyo incondicional, esfuerzos realizados y los momentos compartidos. A la compañera de mi vida, Ana Lucía, por estar permanentemente a mi lado, por su apoyo incondicional, su comprensión, y por la fuerza para sobrepasar momentos muy difíciles. A mis hermanos, Lucía y Federico por todos los momentos lindos que compartimos. A mi suegra, Blanca, por su apoyo constante, su solidaridad, y por estar siempre, y en nombre de ella a su familia (Jesús, su esposo, Alexandra y Agustín). A mis abuelos, a los que están, Emir y Blanca, y lo que ya no están (Tina y Carlos), por todo su amor, cariño, y alegría. A mis sobrinos, Bianca, Tomas y Bautista, por su cariño y su alegría. A Ariel, por su apoyo y la enorme oportunidad que me ha dado, a donde estés un fuerte abrazo. Y a todos lo que tuvieron de alguna manera a lo largo de este tiempo y de los cuales recibí su apoyo incondicional.

Mauro: Quisiera brindar un agradecimiento muy especial a aquellas personas que me rodearon durante toda la carrera, familiares y amigos. Y principalmente a mis padres por darme la oportunidad de estudiar, con todos los esfuerzos que ello conlleva y por estar siempre presentes en aquellos momentos más difíciles, brindando su apoyo incondicional.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VIII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 OBJETIVOS	3
1.1.1 <u>Objetivo general</u>	3
1.1.1 <u>Objetivo específicos</u>	3
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	4
2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS ESPECIES EVALUADAS	4
2.1.1 <u><i>Eucalyptus camaldulensis</i></u>	4
2.1.1.1 Características morfológicas	4
2.1.1.2 Origen y requerimientos edafoclimáticos	4
2.1.1.3 Características tecnológicas de la madera	4
2.1.2 <u><i>Eucalyptus grandis</i></u>	5
2.1.2.1 Características morfológicas	5
2.1.2.2 Origen y requerimientos edafoclimáticos	5
2.1.2.3 Características tecnológicas de la madera	6
2.1.3 <u><i>Eucalyptus tereticornis</i></u>	6
2.1.3.1 Características morfológicas	6
2.1.3.2 Origen y requerimientos edafoclimáticos	6
2.1.4 <u><i>Eucalyptus urophylla</i></u>	7
2.1.4.1 Características morfológicas	7
2.1.4.2 Origen y requerimientos edafoclimáticos.....	7
2.1.4.3 Características tecnológicas de la madera	8
2.1.5 <u>Mejoramiento genético</u>	8

2.1.6 <u>Producción de eucaliptos en nuestro país</u>	9
2.2 CALIDAD DE PLANTAS FORESTAL.....	10
2.2.1 <u>Hacia un concepto de calidad de plantín</u>	10
2.2.2 <u>Parámetros utilizados para evaluar la calidad de plantín</u>	12
2.2.2.1 Parámetros morfológicas	12
2.2.2.2 Parámetros fisiológicos.....	15
2.2.2.3 Estados sanitario	16
2.2.3 <u>Factores que influyen en la calidad de plantín</u>	16
2.3 ENFERMEDADES IMPORTANTES DE <i>Eucalyptus sp</i>	20
2.3.1 <u>Vivero</u>	20
2.3.1.1 Damping-off	20
2.3.1.2 Moho gris.....	21
2.3.1.3 Mancha foliar.....	22
2.4 DAÑOS POR FACTORES ABIÓTICOS.....	23
2.4.1 <u>Heladas</u>	23
2.4.2 <u>Herbicidas</u>	23
2.4.3 <u>Deficiencias nutricionales</u>	25
2.5 MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES	27
2.5.1 <u>Control biológico</u>	28
2.5.1.1 <i>Trichoderma harzianum</i>	31
2.5.1.2 Quitosano	34
2.5.1.3 <i>Trichoderma harzianum</i> y quitosano.....	39
2.6 TRICHOSOIL [®]	40
2.7 BIOREND [®]	41
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	42
3.1 ETAPA DE VIVERO	42
3.1.1 <u>Producción de plantines</u>	44
3.3.1.1 Trichosoil y biorend.....	46

3.3.1.2	Sustrato y bandejas	46
3.3.1.3	Riego.....	47
3.3.1.4	Fertilización	47
3.1.2	<u>Diseño experimental</u>	48
3.1.3	<u>Mediciones realizadas</u>	50
3.2	ETAPA DE CAMPO.....	50
3.2.1	<u>Características del sitio de plantación</u>	51
3.2.2	<u>Calendario de operaciones</u>	52
3.2.3	<u>Condiciones ambientales durante el ensayo</u>	53
3.2.4	<u>Diseño experimental</u>	53
3.2.5	<u>Evaluaciones realizadas</u>	56
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	57
4.1	VIVERO	57
4.1.1	<u>Altura de la planta</u>	58
4.1.2	<u>Diámetro de cuello</u>	60
4.1.3	<u>Período comprendido entre la fase de cría-rustificación</u>	61
4.1.4	<u>Supervivencia</u>	62
4.1.5	<u>Evaluación de calidad vegetal ante condiciones de estrés</u>	62
4.1.6	<u>Peso de raíz</u>	65
4.1.7	<u>Peso aéreo</u>	67
4.1.5	<u>Relación de pesos</u>	68
4.2	PLANTACIÓN.....	69
4.2.1	<u>Supervivencia</u>	70
4.2.2	<u>Estado de de la plantación</u>	71
5.	<u>CONCLUSIONES</u>	74
6.	<u>RESUMEN</u>	76

7. <u>SUMMARY</u>	77
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	78
9. <u>ANEXOS</u>	86

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Superficie ocupada por especie, con manejo (1975-2010)	10
2. Clasificación taxonómica de <i>Trichoderma harzianum</i>	31
3. Acción del quitosano sobre algunos fitopatógenos	37
4. Aplicaciones de trichosoil® y biorend®	46
5. Programa de fertilización en vivero	47
6. Tratamientos en la etapa de vivero.....	48
7. Análisis de suelo	52
8. Temperaturas y precipitaciones.....	53
9. Tratamientos en la etapa de plantación	54
10. Prueba tukey para la variable altura en la fase de cría	59
11. Prueba tukey para la variable altura en la fase de rustificación	59
12. Prueba tukey para la variable diámetro de cuello en la fase de rustificación	61
13. Incidencia de enfermedades en cría	62
14. Peso fresco y seco de raíz promedio por plantín según tratamiento	66
15. Peso fresco y seco aéreo promedio por plantín según tratamiento	67
16. Relación de peso aéreo/radicular para los diferentes híbridos	68
17. Prueba de razón de verosimilitud.....	70
18. Descripción de aplicaciones para el control de malezas	72
Figura No.	
1. Representación grafica del sistema de manejo integrado	28
2. Ubicación del vivero y el ensayo e plantación.....	42
3. Mapa del vivero.....	43
4. Fotos de las instalaciones del vivero.....	44
5. Secuencia de producción de <i>E. grandis</i>	45

6.	Grupos de suelos Coneat en el área de estudio	51
7.	Croquis del diseño experimental.....	55
8.	Enfermedades en fase de cría.....	64
9.	Heladas ocurridas en fase de cría.....	65
10.	Peso raíz en relación a los híbridos.....	66
11.	Peso aéreo en relación a los híbridos	68
12.	Relación peso aéreo/radicular para los diferentes híbridos.....	69
13.	Daños de fitotoxicidad	72

1. INTRODUCCIÓN

A fines de la década del 60 comienza a desarrollarse la producción forestal en Uruguay, producto de una política nacional dirigida a este sector. De esta manera, en el año 1990 se inicia un plan de desarrollo forestal, el cual constituye la base del desarrollo productivo e industrial del sector, influenciado por diversos factores, económicos, sociales, biológicos, entre otros.

Actualmente, en nuestro país existe una masa boscosa de aproximadamente 1.721.658 ha. correspondiente a bosque nativo, bosque de parque, bosque costero, eucaliptos, pinos y salicáceas. Es importante destacar que aproximadamente el 70% de los bosques implantados pertenece al género *Eucalyptus* y dentro de estos el 32% corresponde a *Eucalyptus grandis* (URUGUAY. MGAP. DGF, 2008).

En Uruguay, existen al menos cuatro cadenas industriales de base forestal, ellas son, la cadena celulósico-papelera, la de productos de madera elaborada, la energética y la industrial química. Dentro de la cuales se distinguen tres componentes primordiales, ello son, la fase silvícola (producción de semillas, vivero y plantación), industrial y comercial (Mantero et al., 2008).

El gran desafío a nivel nacional de las cadenas forestales, radica en construir un modelo de desarrollo sustentable propio, permitiendo conciliar la conservación de la biodiversidad, el uso sostenible de sus componentes, y la participación justa y equitativa en los beneficios derivados de la utilización de los recursos naturales. Asimismo, otro aspecto esencial según Dabezies et al. (2008), es mejorar la productividad y competitividad de la cadena, para ello es necesario impulsar acciones en el área de la ciencia, tecnología e innovación. En tal sentido, es fundamental obtener mejores árboles, esto se lograría combinando el mejoramiento genético de las masas forestales, con una adecuada silvicultura, a los efectos de lograr el máximo beneficios de las plantaciones forestales.

Entre la fase silvícola y industrial existe una zona de confluencia, de modo que, las industrias necesitan materia prima de calidad para obtener mejores productos finales. Es por eso, que las características de los genotipos empleados y las actividades realizadas a lo largo del proceso de producción, son aspectos centrales para alcanzar el objetivo (Dabezies et al., 2008).

Por otra parte, los viveros forestales tiene como objetivo crear un ambiente adecuado, a los efectos de alcanzar un equilibrio entre las condiciones óptimas de crecimiento de la especie y aquellas bajas las cuales tendrán que crecer cuando sean llevadas al sitio de plantación (Irisyti, 1999). Los viveros tiene la responsabilidad de producir cierta cantidad de plantas para los cuales fueron diseñados; estas deberán de ser sanas, resistentes e uniformes. Según Ortega et al. (2006) la calidad del plantín es

definida por una serie de parámetros morfológicos y fisiológicos, así como también por aspectos sanitarios en función del sitio a repoblar, permitiéndole resistir estrés ambiental en plantación.

Para lograr este propósito, una excelente estrategia es el manejo integrado de enfermedades (MI), este introduce una nueva visión respecto a las poblaciones de patógenos, insectos o malas hierbas, considerándolas componentes del agro-ecosistema; lo que permite reducir el uso de pesticidas, minimizando los efectos sobre el ambiente y la salud humana (Mondino y Vero, 2006).

Dentro del MI, el control biológico es una herramienta, basada en la introducción artificial de agentes de biocontrol en el patosistema (Mondino y Vero, 2006). Por su parte Wilson y Wisniewski, citados por Mondino y Vero (2006) lo definen como una forma de control que excluye el uso de plaguicidas de síntesis química.

En este contexto se enmarca la aplicación en viveros forestales de *Trichoderma harzianum* como biocontrolador (Ochoa 2002, García y Pérez 2003, Mondino y Vero 2006), y como biopromotor del crecimiento vegetal (Añon et al. 2004, Osiewacz, citado por Benítez et al. 2004, Rossi 2012). Así como también la aplicación de quitosano en algunas de las actividades agrícolas, como bioestimulantes e inductor de resistencia (Nge et al., citados por Lárez, 2008).

Asimismo, dentro de la fase silvícola, es importante mencionar que los sitios de plantación pueden presentar capacidad supresora, según Weller et al., citados por Mondino y Vero (2006), estos sitios son aquellos que se caracterizan por una baja incidencia en determinada enfermedad, dicha capacidad supresiva puede ser transferida a otros suelos mediante la utilización de microorganismos antagónicos.

En este marco, se ha llevado a cabo esta investigación en el departamento de Tacuarembó, mas precisamente en el vivero forestal de la empresa Weyerhaeuser S.A y la implantación de un ensayo en un predio perteneciente a GMO-Cloverly.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

El objetivo general de este trabajo consiste en evaluar la repuesta de cinco diferentes híbridos de *Eucalyptus grandis*, con *Trichoderma harzianum* y quitosano, como parte del manejo integrado, en vivero y plantación.

1.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar y cuantificar parámetros morfológicos de los diferentes híbridos y su crecimiento en vivero.
- Evaluar y cuantificar la supervivencia en vivero.
- Evaluar el estado sanitario de los híbridos en vivero y en plantación, en condiciones ambientales desfavorables para el desarrollo de los plantines, mediante la observación de síntomas.
- Analizar los parámetros meteorológicos y edafológicos del sitio de plantación, y su relación con el control biológico.
- Evaluar a campo la respuesta al agregado de una dosis extra de *Trichoderma harzianum* y quitosano previo a plantación.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS ESPECIES EVALUADAS

2.1.1 Eucalyptus camaldulensis

2.1.1.1 Características morfológicas

Es un árbol de gran porte, ramas gruesas y copa abierta, su follaje es fino y pendular. La corteza en la base es escamosa, luego caduca en fajas cortas. Su ritidoma es de color crema grisácea hasta castaño. La hojas juveniles son pecioladas (1.5-3 cm), ampliamente lanceoladas a elípticas (6-9 x 2.5-4 cm). Las hojas adultas pecioladas (1.5-2.5 cm), lanceoladas a angostamente lanceoladas (8-10 x 1-2 cm). Ambas hojas presentan filotaxia alternas, son concolaras y su base es cuneada. La flores están dispuestas en inflorescencias simples (7-11) agrupadas y los frutos son globosos con el disco excerto y valvas (3-5) muy salientes (Brussa, 1994).

2.1.1.2 Origen y requerimientos edafoclimáticos

Esta especie de eucalipto presenta una amplia distribución en Australia, entre la latitud sur 15° 30' y los 38°, estando presente en todos los estados australianos con la excepción de Tasmania (Martínez, 1990).

Según Martínez (1990) es una especie esencialmente ribereña, pero debe señalarse que Brussa (1994) menciona que existen diferentes ecotipos adaptados a diferentes climas, desde templados hasta cálidos.

En la zona de origen la especie soporta temperaturas promedios de, en verano 27-40°C y en los meses fríos 3-15°C; así como también hasta 50 heladas anuales. Se encuentra en zonas que se caracterizan por bajas precipitaciones, así como aquellas de mayor pluviosidad, en general el rango oscila entre 150-1250 mm anuales (Brussa, 1994).

Se adapta a una amplia variedad de suelos, desde arenosos a pesados, soportando inundaciones periódicas (Kelly et al., citados por Brussa, 1994).

2.1.1.3 Características tecnológicas de la madera

Las buenas propiedades físicas y mecánicas de la madera de eucaliptos colorados, es decir, su alta densidad y dureza, conllevan a que estas especies sean aptas para fines energéticos, tableros de fibras de alta densidad, así como también para productos de madera sólida. Por otra parte, presenta otros usos como la fabricación de

pisos y productos de uso exterior (postes), dada su resistencia y durabilidad (Balmelli y Resquín, 2006).

Según Sánchez, citado por Balmelli y Resquín (2006), la flexión estática, la compresión paralela, la dureza transversal y el peso específico de esta especie de eucalipto es inferior a *Eucalyptus tereticornis*.

2.1.2 *Eucalyptus grandis*

2.1.2.1 Características morfológicas

Este es un árbol de tronco recto, de buen desrame natural, su follaje es de textura media a gruesa. Presenta corteza caduca en fajas largas, en la porción basal es persistente escamosa hasta 1-3 metros de altura. Las hojas juveniles son alternas pecioladas (1-2 cm) y ovales (6-12 x 5 cm) con base es redonda. Hojas adultas alternas pecioladas (2-2.8 cm), lanceoladas (10-18 x 2-3.5 cm), base cuneada y nervaduras secundarias transversales. Ambas tienen el ápice agudo, acuminado y son discoloras. Las flores se encuentran agrupadas (7-11) en inflorescencias simples axilares, los frutos son de forma piriformes (0.5-1.1 x 0.4-0.9 cm), estos tienen valvas (4-6) levemente excertas y ápices convergentes aun en la madurez (Brussa, 1994).

2.1.2.2 Origen y requerimientos edafoclimáticos

En el área de distribución natural crece en las margas aluviales, o volcánicas en valles y planicies a una distancia de hasta 160 km, en el límite entre los estados australiano de Queensland y New South Wales, desde la latitud 26° y 33° S (Meskimen et al., 1990).

El clima en su origen es subtropical húmedo, con temperaturas mínimas promedio de entre 2-10°C en los meses más fríos y unas temperaturas máximas promedio en los meses más calientes de 29°C. La precipitación promedio anual varía entre 1020 y 1780 mm. Las áreas costeras son libre de heladas, aunque en las zonas de mayor altitud y más alejada de la costa sufren heladas de manera ocasional (Meskimen et al., 1990).

Los suelos más aptos para la especie son aquellos de buena capacidad de retención de agua, bien drenados, y profundos de texturas limosas (Kelly et al., Boland et al., Golfari, citados por Brussa, 1994).

2.1.2.3 Características tecnológicas de la madera

A nivel internacional existe un volumen importante de información sobre la madera de este eucalipto rosado, fundamentalmente aquellos estudios orientados a la densidad en relación a las propiedades celulósicas-energéticas y no tanto a las propiedades físico-mecánica (Sánchez et al., 2005).

La calidad de la madera para usos estructurales, en donde la resistencia es un aspecto importante, está estrechamente relacionada con la densidad, de la misma (Resquín, 2007). Según Bianchi et al. (1993) el peso específico aparente básico para dicha especie, fue variable dentro del rango 0.6967 y 0.4192 g/cm³, determinado mediante el método de máximo tenor de humedad.

A nivel mundial *Eucalyptus grandis*, es utilizado para la industria celulósica y energética, y en menor medida para tableros y postes, así como también en industrias de menor escala para la transformación mecánica, como por ejemplo, aserrado y laminado (Sánchez et al., 2005). En nuestro país al igual que en Argentina, casi la totalidad de los postes que se producen de esta especie son utilizados para líneas aéreas.

2.1.3 Eucalyptus tereticornis

2.1.3.1 Características morfológicas

Esta especie es de gran porte y copa amplia, su follaje es semipéndular y de textura media. La corteza es caduca en faja cortas. En cuanto a las hojas juveniles son pecioladas (1-1.5 cm), ovales (5-10 x 2-7 cm), discoloras, ápice mucronado o emarginado, base amplia y cuneada. Por otra parte, las hojas adultas son pecioladas (1-2 cm), lanceoladas, lanceoladas-falcadas o angostamente lanceoladas (8-18- 1-2.5 cm), ápice agudo, acuminado, base cuneada, concoloras. La flores están dispuestas en inflorescencias simples (7-11) axilares, y los frutos son globosos con 4 valvas muy excertas y gruesas (Brussa, 1994).

2.1.3.2 Origen y requerimientos edafoclimáticos

Este eucalipto en su área de distribución natural, crece en zonas de mayor latitud; encontrándose en la zona de Papúa-Nueva Guinea y en las regiones norte, central-este y sur de Australia (6°-38°S). El clima es variable, desde tropical en la zona norte a templado-frío en la zona sur. Las temperaturas promedio máximas son de 24-36°C y las mínimas 1-19°C; además cabe mencionar, que en su lugar de origen toleran hasta 30 heladas por año (Brussa, 1994).

Las precipitaciones totales anuales son variables desde 650 mm a 3.000 mm, de regímenes monzónicas en trópicos, estivales, uniformes e invernales hacia el sur (Poyton, FAO, Bolan et al., citados por Brussa, 1994).

En general, están adaptados a una amplia gama de suelos, si bien prefiere suelos aluviales, fértiles, franco arenoso, húmedos y bien drenados (Hall et al., citados por Brussa, 1994). Además toleran inundaciones periódicas según Kelly et al., citados por Brussa (1994).

2.1.4 *Eucalyptus urophylla*

2.1.4.1 Características morfológicas

Es un árbol de tronco recto y follaje de textura gruesa de color verde brillante. Su corteza es persistente hasta cierta altura, la cual es variable, subfibrosa con placas rectangulares de color pardo amarillado, luego en la porción superior es caduca en fajas. Las hojas juveniles son subopuestas, pecioladas (1 cm), ovales u oval-lanceoladas (7-15 x 3-8 cm). Las hojas adultas son alternas, pecioladas (2 cm) y ampliamente lanceoladas (10-16 x 3-5 cm). Ambas hojas son discoloras, de base cuneada y ápice cuneado. Las flores (7-11) están dispuestas en inflorescencia simples axilares, y los frutos son globosos-truncados con (4) valvas con ápice a nivel (Brussa, 1994).

2.1.4.2 Origen y requerimientos edafoclimáticos

Según la literatura la distribución natural de esta especie, es nativa de una región de islas del Archipiélago de Sumba, en Indonesia oriental (Gunn y McDonald, Wright y Osorio, citados por Pérez, 2010).

Se encuentran en zonas de altitud que varían entre 350 y 3.000 metros sobre el nivel del mar, el clima de su área natural es tropical variable de acuerdo a la altitud. En general, las temperaturas máximas promedio son de 27-29°C a 17-29°C sin diferenciación estacional; por otra parte en zona monzónicas las precipitaciones son del orden de 1400-2400 mm de 6 a 7 meses, con estación seca en el resto del año (Turnbull y Brooker, citados por Brussa, 1994).

Esta especie crece mejor en suelos que conservan la humedad residual en la estación más seca. Además, es tolerante a suelos de baja fertilidad y textura gruesa, asimismo no tolera suelos muy arcillosos, con capa freática superficial o drenaje deficiente (Nieto y Rodríguez, citados por Pérez, 2010).

2.1.4.3 Características tecnológicas de la madera

En cuanto a las propiedades de la madera de esta especie, la mayor parte de las investigaciones se encuentran en Brasil. Según Scanavaca (2004) presenta gran potencialidad para diversos fines, por ejemplo celulosa papel, chapas finas, aserrado, carbón, entre otras. La densidad básica estimada por este investigador en Brasil fue en promedio 0.655 gr/cm^3 siendo el rango de variación entre 0.484 y 0.793 gr/cm^3 , estos resultados indican que la densidad es elevada, asimismo esta especie presenta alta resistencia al cizallamiento tangencial, a los anillos de crecimiento y elevada flexión estática.

2.1.5 Mejoramiento genético

Hace más de una década, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria (INIA), ha venido desarrollando un programa de mejoramiento genético a nivel nacional, estableciendo ensayos en cuatro zonas del país (Bennadji, 2004). Según este mismo autor, la investigación forestal del INIA ha evolucionado paralelamente con el desarrollo de las fases de producción y transformación de la cadena forestal del país. En tal sentido, los requisitos en cuanto a calidad de madera, están relacionados a las propiedades físicas, mecánicas y químicas de la misma; estas propiedades según Bennadji (2004) presentan rangos de variación fijados por la dinámica de la oferta y demanda del mercado de materia prima, y sus potenciales usos en las etapas de primera, segunda y tercera transformación.

Asimismo, el Proyecto INIA-JICA (Agencia de Cooperación Internacional del Gobierno del Japón) llevado a cabo durante el período comprendido entre los años 2000-2002, tuvo como uno de los objetivos, la propagación vegetativa de 100 individuos de *E. grandis*, a los efectos de ser seleccionados en pruebas de progenie por crecimiento, forma y calidad de madera. Cabe destacar que con esta técnica de propagación, se busca rescatar los genotipos destacados, intentando maximizar las ganancias genéticas (Trujillo, 2002). Los resultados obtenidos de este proyecto, en líneas generales, según De Mello et al. (2002) muestran una importante variabilidad en la densidad y el contenido de humedad entre los distintos árboles, siendo mínimas las diferencias en la densidad básica en sentido radial.

Uno de los aspectos centrales en un programa de mejoramiento genético, es la caracterización del material genético de base, tanto a nivel de especie, como de orígenes y procedencias de las semillas, para la región ecológica del cultivo (Marcó et al., 2006). En tal sentido, estos investigadores indican que varias especies de eucaliptos tienen gran potencial para la producción de madera, y algunos servicios ambientales que pueden ser incrementados por medio del mejoramiento genético.

La especie *Eucalyptus grandis* tiene una amplia base de germosplasma salvaje con posibilidades de acceso, además demuestran gran capacidad adaptativa y de combinar excelentes tasas de crecimiento, con muy buenos fustes (Marcó et al., 2006). Asimismo, *E. grandis* responde a un manejo intensivo y combina características deseables en híbridos interespecíficos que lo tienen como madre, como por ejemplo *E. grandis* x *E. urophylla* y *E. grandis* x *E. camaldulensis* (Marcó et al., 2006).

En el caso de producción de madera sólida de alta calidad para aserrado y debobinado, es importante definir un idiotipo o árbol ideal. Según MacDicken y Mehi, citados por Marcó et al. (2006) este es un árbol de buena forma y libre de ramas gruesas, en una porción considerable el fuste. Otros investigadores, como Karki y Tigerstedt, citados por Marcó et al. (2006), indican además que debe ser un árbol de baja conicidad, corteza delgada, ramas pequeñas e insertas en ángulos de 90 grados. En tal sentido, Nutto et al., citados por Marcó et al. (2006) subrayan la necesidad de que sea un árbol sano, de rápido crecimiento, con buen tamaño, buena forma, y con una densidad no menor a 500 kg/m³.

Según Malan, citados por Marcó et al. (2006), un programa de mejoramiento genético con el objetivo de seleccionar especies por rápido crecimiento, está enfocado en la búsqueda de características que expresan alta calidad de madera para usos sólidos.

2.1.6 Producción de eucaliptos en nuestro país

En nuestro país existen tres regiones forestales, centro-norte, litoral-oeste y sur-este, las cuales suman un superficie forestada acumulada al año 2010 de 885.000 ha, las cuales el 46% corresponde a la región centro-norte conformada por los departamentos de Artigas, Rivera, Tacuarembó, Durazno, Cerro Largo y Treinta y Tres (Uruguay XXI, 2011).

En relación a la superficie total forestada en nuestro país, registrada en la Dirección General Forestal del MGAP y con plan de manejo, teniendo en cuenta el período comprendido entre los años 1975-2010 perteneciente al género *Eucalyptus*, es aproximadamente 620.701 ha. La superficie que ocupa cada una de las especies utilizadas en esta investigación se observan en el siguiente cuadro.

Cuadro 1: Superficie ocupada por especie, con manejo (1975-2010)

Especies	Superficie (ha)
<i>Eucalyptus grandis</i>	221.964
<i>Eucalyptus tereticornis</i>	257
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	359

Fuente: URUGUAY. MGAP. DGF (2008).

Por consiguiente, es evidente la importancia de la especie *Eucalyptus grandis*, ya que significa el 35 % de la superficie del género *Eucalyptus sp.* En esta investigación se utilizaron clones de *E. grandis* x *E. tereticornis*, *E. grandis* x *E. camaldulensis* y *E. grandis* x *E. urophylla*.

2.2 CALIDAD DE PLANTA FORESTAL

En un proyecto de inversión forestal uno de los objetivos centrales es el establecimiento exitoso de la plantación, el mismo depende de varios factores, entre los cuales se encuentra la calidad del plantín. Por esta razón se han desarrollado diversos sistemas de producción de plantas forestales, en lo referente al nivel de producción, grado de tecnificación, proceso productivo y calidad de plantas a obtener (García, 2007).

2.2.1 Hacia un concepto de calidad de plantín

La calidad del plantín está relacionada directamente con la calidad del rodal en el momento de la cosecha final, por lo que se justifica la inversión en adquirir o producir plantines de buena calidad (Leite et al., citados por García, 2007).

Según Ortega et al., citados por Rossi (2010) un plantín de buena calidad es aquel que tiene la capacidad de sobrevivir al estrés ambiental en el campo y producir un crecimiento vigoroso tras su trasplante. Para ello, es necesario estudiar los factores internos y externos que inciden en dicha calidad. Según Coppola et al. (2000) existen dos condiciones internas para lograr una correcta plantación, estas son, la genética adecuada de la especie en relación al sitio de plantación y las condiciones morfológicas.

Asimismo, es necesario tener en cuenta que la supervivencia y el crecimiento posterior del plantín en plantación, está determinado por otros factores como la preparación previa del sitio y la ejecución de las actividades de plantación. Según Ortega et al. (2006) lo que define la calidad del plantín hacia atrás en la etapa de vivero, son las características limitantes del sitio a repoblar (riesgo de heladas, sequía, etc.). Además

estos investigadores, mencionan la importancia del grado de pre-adaptación de las plantas a las condiciones del sitio, como factor preponderante en el desempeño inicial de las plantas a campo.

No obstante, algunos autores señalan que no existe un plantín de calidad para todas las situaciones, sino que la calidad de una planta forestal producida en vivero está en función de su “adecuación a cada propósito” (Wille y Sutton, Ritchie, citados por Ortega et al., 2006).

Por consiguiente, un plantín de mala calidad, determinaría una disminución en el porcentaje de supervivencia y el crecimiento inicial de las plantas. En consecuencia, el costo de plantación aumentaría, producto de la ineficiencia en la utilización de los recursos utilizados, es decir, mano de obra, traslado, reposición de plantas, entre otros (García, 2007).

El control de las enfermedades en vivero es difícil, en tal sentido, el control biológico es una de las herramientas del manejo integrado que posibilita la obtención de plantas libres de enfermedades, lo cual es indispensable para asegurar una adecuada calidad de planta.

La situación de nuestro país con respecto a la calidad de plantín, según Coppola et al. (2000) los viveros forestales manejan rangos para determinados parámetros que definen la calidad, algunos de los cuales son cuantificables. Asimismo, estos autores subrayan la necesidad de crear una norma de calidad de plantín y un código de producción de plantines forestales, con el objetivo de regular el mercado nacional y garantizar al comprador un producto de calidad.

Por otra parte, la definición de calidad de plantín abordada en este estudio, debe de incluir aspectos relacionados a la conservación de los recursos naturales durante el proceso de producción, y el cuidado de la salud de los trabajadores, evolucionando hacia un nuevo concepto de calidad de plantín.

Para determinar la calidad de plantín antes de ser llevado a plantación, según Gomes, citado por García (2007) se utilizan parámetros que se basan en aspectos fenotípicos (morfológicos) y aspectos internos de plantines (fisiológicos). Según Parvianien, citado por García (2007) estos parámetros están influenciados por otras variables como lo son, la carga genética, la procedencia de las semillas, las condiciones ambientales y los métodos y técnicas utilizados en el proceso de producción.

La definición de calidad de plantín abordada en este estudio, debe de incluir aspectos relacionados a la conservación de los recursos naturales durante el proceso de producción, y el cuidado de la salud de los trabajadores, evolucionando hacia un nuevo concepto de calidad de plantín.

2.2.2 Parámetros utilizados para evaluar la calidad de plantín

Los parámetros que determinan la calidad de plantín son los denominados morfológicos y fisiológicos (De Araujo, citado por Cabrera y Tejera, 2002). En esta investigación se agrega el estado sanitario como un aspecto fundamental en la calidad del plantín.

De esta manera, a continuación se presentan los parámetros y criterios más utilizados para la evaluación de la calidad de los plantines forestales (Coppola et al. 2010, Rossi 2010). Cabe mencionar que se enfatizará en aquellos aspectos morfológicos y sanitarios.

2.2.2.1 Parámetros morfológicos

Los atributos determinados visualmente o de manera física, son los parámetros morfológico, estos son los más utilizados por los viveros de nuestro país, y pueden ser un factor de predicción para el futuro comportamiento en plantación (Coppola et al., 2000). Si bien, otros autores como Gomes et al., citados por García (2007) mencionan que la aplicación de estos parámetros como indicadores de calidad, no permiten responder a la supervivencia y el crecimiento que tendrán los plantines en plantación.

La morfología de la planta es producto de la respuesta fisiológica a las condiciones ambientales, así como también a las diferentes prácticas culturales que se realizan en el vivero. Por lo que, se deben de cuantificar aquellos parámetros morfológicos que sean sencillos de medir y que proporcionen una mayor información (Birchler et al., 1998).

Uno de los parámetro más fácil de medir es la altura del plantín, este parámetro por sí solo no es un atributo fiable, dado que por encima de un mínimo, serán los factores de clima y suelo, los condicionantes principales (Ruano, 2008).

La altura solo ofrece una aproximación del área fotosintética y transpirante e ignora la arquitectura del tallo. Además, los viveros a través de fertilizaciones, riego y repicado influyen en la altura, lo que puede inducir a cometer un error en su utilización (Birchler et al., 1998). Por otra parte, varios estudios han concluido que la altura inicial de las plantas no se correlaciona con la supervivencia a campo, o si lo hace pero de manera negativa (Thompson, citados por Birchler et al., 1998).

Si bien la altura es un indicador cuestionable y de poco valor para evaluar la calidad de plantín, si está es combinada con el diámetro, mediante alguna relación puede ser un indicador adecuado (INIFAP, citado por Coppola et al., 2000).

Cabe mencionar que el tamaño inicial del plantín puede estar influenciando el desempeño a campo, ya que algunos ensayos indican que en situaciones de competencia con malezas, los plantines con mayor altura presentan ventajas con respecto a los de menor altura, lo que se traduce en mayor supervivencia y crecimiento (Cleary, citado por García, 2007).

Por otra parte, varios investigadores destacan la importancia del diámetro del cuello del plantín, como un atributo fácil de medir, siendo además un buen criterio de predicción del crecimiento y supervivencia futura en plantación (Schmidt, citado por Coppola et al. 2000, Thompson, citado por García 2007, Ruano 2008).

Esto es posible producto del tamaño del sistema radicular y la durabilidad del plantín, los cuales podrían estar reflejado por el diámetro del mismo, de modo que la resistencia al vuelco y la tolerancia al daño por insectos y animales, se incrementa con el diámetro (INIFAP, citado por Coppola et al., 2000).

Asimismo, algunos viveros de nuestro país utilizan aspectos cualitativos relacionados al diámetro del cuello, mediante apreciaciones visuales y a través del tacto. Visualmente se puede observar el nivel de lignificación del tallo, este es superior en la medida que se detectan tonalidades oscuras. Además si el plantín es colocado de manera horizontal el arqueado por encima de cuello debe ser mínimo (Coppola et al., 2000).

Según Rossi (2010) la morfología y el desarrollo de la raíz también es un aspecto importante a tener en cuenta a la hora de caracterizar los plantines en término de calidad. En tal sentido, según Alfenas, citado por García (2007) los defectos radiculares han causados en campo menor crecimiento e incluso muerte por estrangulamiento de las raíces o vuelco por viento. Asimismo, las características morfológicas y fisiológicas del sistema radicular de una plantación, según Kraswski, citado por Ortega et al. (2006) están influenciados por diversos factores. Según Landis, citado por Ortega et al. (2006) algunos de estos factores son, el material forestal de reproducción, el contenedor, las características físicas del sustrato, el programa nutricional, la gestión fitosanitaria, el almacenamiento, el transporte, el calendario anual de producción y planificación, la coordinación entre la producción y la ejecución de las actividades.

El peso de los plantines constituye otro parámetro importante, por lo que se debe tener en cuenta los pesos de la parte aérea, radicular y total, así como también el porcentaje de raíces. De esta manera, el mayor peso de la parte aérea en relación al peso radicular puede significar un mayor desempeño en plantación (Análisis del Simposio de Viscosa, citado por Coppola et al., 2000). Cabe destacar que el peso aéreo no debe de ser el doble que el peso de la raíz (Montoya, citado por Coppola et al., 2000). Si bien el peso es un buen indicador de calidad, según Coppola et al., citados por Rossi (2010) los viveristas no lo utilizan producto del tiempo, la mano de obra y el nivel de conocimiento necesario para su determinación e interpretación.

Uno de los índices morfológicos es el cociente entre la altura y el diámetro del cuello, el cual expresa el equilibrio del desarrollo de la parte aérea de los plantines (Coppola et al., 2000). Según Birchler et al. (1998) este indicador se denomina cociente de esbeltez o de robustez y es la relación entre la altura en centímetros y el diámetro en milímetros. Una investigación a nivel nacional realizada por Coppola et al. (2000), menciona para el género *Eucalyptus* un cociente de robustez de 7.5 en promedio para todos los viveros del país; mientras que para el género *Pinus* es de 6.9. La importancia de este indicador se traduce en un incremento en la resistencia de la planta a la desecación por vientos, una mejor supervivencia y mayor crecimiento en suelos secos.

Continuando con los índices morfológicos, la relación parte aérea/parte radicular constituye un índice que establece el balance entre la parte transpirante y la parte absorbente, este se calcula a partir de la relación entre la peso seco de cada una de las partes (Birchler et al., 1998). Según Cardenas (2003) comparando plantas de similar largo de parte aérea, se recuperan más rápido aquellas que tengan un sistema radicular más fuertes.

La relación entre la longitud de tallo y la raíz constituye uno de los aspectos morfológicos para la clasificación en viveros forestales poco utilizado, teóricamente, una buena relación es aproximadamente 1:1, en general para *Eucalyptus sp.* en nuestro país varía entre 1.4:1 y 2.5:1 en función del tipo de envase utilizado (Coppola et al., 2000).

Otro aspecto a considerar es el índice de calidad de Dickson, este integra el cociente de esbeltez y la relación parte aérea/parte radical, se calcula mediante la relación entre el peso seco total de la planta (g) y la suma de la esbeltez y la relación parte aérea/parte radicular (Birchler et al., 1998). Según Dickson et al., citados por García (2007) este índice permite evaluar las diferencias morfológicas entre las plantas de una muestra, y predecir el comportamiento en campo. Según Fonseca et al., citados por García (2007) este índice es el mejor parámetro morfológico para indicar la calidad de plantín, debido a que expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, evitando caer en el error de seleccionar plantas desproporcionadas y descartar plantas que tengan menor altura pero mayor rigidez.

Otros parámetros morfológicos, como por ejemplo la arquitectura de la parte aérea, el cual según Coppola et al. (2000) está controlado genéticamente y es utilizado por algunos viveros a nivel nacional. Otro aspecto morfológico según estos investigadores es la arquitectura del sistema radicular el cual es considerado como un parámetro que determina calidad de planta.

2.2.2.2 Parámetros fisiológicos

La medición de estos parámetros es puntual y corresponde al estado de la planta en un momento determinado. Para evaluar la aptitud de un lote de plantas, deben de efectuarse la determinación de varios parámetros fisiológicos, debido a la escasez de experiencias y la gran variabilidad existente (García, 2007).

Algunos de los principales parámetros que se presentan a continuación son, el estado hídrico, nivel nutricional, carbohidratos de reservas, resistencia al frío, entre otros.

El estado hídrico, es un parámetro importante ya que el agua es un factor ambiental que afecta la fisiología de las plantas (Coppola et al., 2000).

Según Lavender y Cleary, citados por Birchler et al. (1998) las plantas tienen varios períodos en los cuales son sensibles al estrés hídrico. Estos investigadores, mencionan la importancia de mantener el potencial hídrico de la planta por debajo de los límites de estrés durante la época de crecimiento, así como durante la extracción, selección, transporte y plantación. Asimismo, según Zaerr y Cleary, citados por Birchler et al. (1998) el riego es una herramienta que permite provocar estrés hídrico, a los efectos de frenar el crecimiento y provocar la entrada en dormición de la plantas.

En lo referente al estado nutricional, según Landis, citado por García (2007) en el vivero forestal debería de obtenerse plantines con un nivel óptimo de nutrientes, para lograr un mejor desempeño en plantación; y estar mejor preparados frente al estrés en campo (García, 2007). Igualmente, García (2007) señala que no es fácil relacionar la nutrición de las plantas con su comportamiento en campo, siendo válidas las correlaciones entre estos y la supervivencia a campo cuando los valores estén lejos de lo recomendado.

Es importante señalar que plantas que pertenezcan a la misma clase morfológica, pero difieran en el estado nutricional, puede suponerse que su comportamiento a campo será diferente (García, 2007).

Cada especie tiene sus requerimientos nutricionales específicos para alcanzar el óptimo crecimiento, estos requerimientos son variables a lo largo del desarrollo y crecimiento de las plantas (Timmer, Armstrong, citados por Birchler et al., 1998).

Otro parámetro fisiológico importante es el estado de las reservas de carbohidratos de la planta, este permite tener indicios de la salud y el vigor de la misma, los cuales van a incidir en el comportamiento a campo (Birchler et al., 1998). Según Coppola et al. (2000) la sacarosa y el almidón son los más importantes para evaluar la calidad de la planta.

Por otra parte, la capacidad de los plantines para resistir heladas a campo depende de las condiciones recibidas en el vivero, es decir, el fotoperiodo, la temperatura, la humedad; la cantidad, disponibilidad y proporción relativa de los nutrientes (Glerum, citado por García, 2007).

En relación a lo anterior, la “rusticidad” de las plantas, definida como el contenido de antocianinas en tallos y hojas, están asociados a mecanismos fotoreceptores que aumentan la tolerancia de las plantas a factores que disminuyen la capacidad fotosintética (Hoch et al., citados por García, 2007). Aunque otros autores cuestionan este indicador, tal es el caso de Close y Beadle, citados por García (2007) los cuales afirman que un elevado contenido de antocianinas en hojas provoca una reducción en la capacidad fotosintética.

2.2.2.3 Estado sanitario

Si bien muchas investigaciones mencionan el estado sanitario como un parámetro fisiológico (Cardenas 2003, Rossi 2010); es conveniente considerarlo como otro aspecto determinante en la calidad del plantín. De esta manera, el estado sanitario determinado mediante aspectos cuantitativos o cualitativos, constituye una herramienta imprescindible a los efectos de lograr una adecuada calidad vegetal del plantín.

Por consiguiente, los agentes patogénicos (hongos, insectos o bacterias) y malezas son controlados o excluidos a través de prácticas culturales, biológicas o química, básicamente en forma preventivas, a los efectos de disminuir y reducir el inoculo del patógeno, o las condiciones preponderantes para el desarrollo de enfermedades.

De modo que el estado sanitario es utilizado por la mayoría de los viveros de nuestro país como un criterio de clasificación, ya que las plantas que son llevadas a plantación debe de ser excelentes desde el punto de vista sanitario (Coppola et al., 2000).

En tal sentido, según Rossi (2010) la medición de la actividad enzimática específica de peroxidasas, relacionada a mecanismos de resistencia en el vegetal, inducidos por agentes biológicos de biocontrol como *Trichoderma harzianum* constituyen un parámetro fisiológico importante para determinar la sanidad del plantín.

2.2.3 Factores que influyen en la calidad de plantín

La producción de plantas en envases, permite controlar las condiciones de cultivo o las de plantación, lo cual ofrece una serie de ventajas y desventajas (Irisyti, 1999).

Existen una serie de factores que afectan la calidad de las plantas, según Cardenas (2003) pueden ser genéticos o ambientales. Este mismo autor, señala que el factor más importante es el origen de la semilla (genético), ya que va a influir en el comportamiento a lo largo del proceso de producción, hasta obtener el producto cosechado. En cuanto al segundo factor, corresponde al manejo de diferentes herramientas que inciden en el control de las variables ambientales. Según Luis et al., Ortega et al., citados por Ortega et al. (2006) estas son, la temperatura, la humedad relativa, duración del periodo vegetativo, tipo de sustrato, manejo de la luminosidad y fotoperiodo, los cuales contribuyen a alcanzar la calidad deseada.

Buena parte del éxito de la plantación forestal depende de la etapa de vivero, en esta se definen la mayoría de los parámetros claves de calidad de plantín, los cuales determinaran el potencial en campo (Cabrera y Tejera, 2002). De igual modo, según Landis, citado por Ortega et al. (2006) la fase de vivero resulta esencial por ser el momento en el cual es posible controlar algunas variables del proceso de producción, incidiendo en la calidad de la planta forestal a obtener.

A continuación se mencionan los principales factores ambientales que inciden en la calidad del plantín en viveros forestales.

El método y la técnica de producción es un aspecto importante en la obtención de plantines de calidad, según Cardenas (2003) una especie puede ser producida bajo diferentes técnicas, siempre y cuando no existan restricciones fisiológicas. El método y la técnica de producción, está relacionado a las prácticas culturales, según Coppola et al. (2000) estas implican la selección adecuada de, envases y sustratos, programa de riego, fertilizaciones, tratamientos sanitarios, poda radicular y aérea, extracción de la planta, almacenamiento y transporte.

Uno de los aspectos centrales, es alcanzar un balance nutricional adecuado para la especie en cuestión. Según Romero y Marius (2002) es relativamente común encontrar deficiencias en viveros en *Eucalyptus sp.*, tanto de macronutrientes como micronutrientes. En tal sentido, estos autores mencionan la necesidad de realizar un adecuado diagnóstico de manera oportuna, para corregir o prevenir deficiencias, y lograr maximizar el rendimiento con el objetivo de obtener plantines de calidad.

De esta manera, es imprescindible un manejo adecuado de la fertilización, a los efectos de satisfacer las necesidades de los plantines y lograr un buen desarrollo radical y aéreo de la planta (Fielder et al., citados por Coppola et al., 2000). La importancia de la fertilización según Pelotti y Vola, citados por Cabrera y Tejera (2002), radica en la incapacidad del sustrato utilizado, para cubrir la demanda nutricional de estos en diferentes momentos.

Existe una tendencia en utilizar tamaños más reducidos de los envases, esto determina una mayor dependencia del riego, y en menor medida de los nutrientes que son aportados por el sustrato. De esta forma el programa de fertilizaciones a lo largo del ciclo productivo, se tornan un aspecto clave en el proceso de producción.

Según investigaciones realizadas por Von Wernich et al. (2005), indican que en la etapa de terminación es necesaria una combinación de nutrientes, que permita descender los niveles de nitrógeno y aumentar la cantidad de potasio, de modo de mejorar la resistencia a heladas.

En cuanto a los contenedores o envases deben de tener características que permitan, al mismo tiempo alcanzar un desarrollo equilibrado de la planta, tener un volumen pequeño, impedir o reducir problemas en el desarrollo del sistema radicular, garantizar un adecuado grado de humedad, una buena aireación del sustrato y una densidad de cultivo adecuada. Características que son fundamentales a los efectos de limitar la competencia y favorecer el crecimiento del diámetro del tallo (Marcelli, citado por Ortega et al., 2006).

Muchas de las deformaciones radiculares según Ortega et al. (2006), pueden ocurrir hasta los primeros años de plantación. Estos problemas son originados por las características inadecuadas del contenedor utilizado en las fases tempranas del vivero.

Según Rossi (2010) es importante el espaciamiento de los contenedores en la bandeja, lo cual va a incidir en el crecimiento; este investigador indica que la calidad de la planta se incrementa con un descenso de la densidad.

Otras características importantes de los envases según Irisyti (1999), son las dimensiones y la forma. En cuanto a la primera, debe de existir un balance entre los criterios biológicos y económicos. En lo referente a la forma, este autor propone tres consideraciones esenciales, el sistema anti-espiralizante y de autorrepique, el cual tiene como propósito evitar deformaciones radiculares; la facilidad en la mecanización y el manejo; y finalmente el carácter reutilizable.

Según Sánchez et al. (2008), la calidad del plantín depende de varios factores, uno de estos es, la selección de sustratos para la preparación de medios de crecimiento.

El sustrato es un soporte físico, el cual tiene que permitir formar un “terron” para contener las raíces, las cuales no deben adherirse a las paredes del envase; asimismo debe de ser capaz de construir una reserva de agua para el plantín, y poseer un espacio de macroporos que permita la respiración de la planta y el crecimiento radicular (Irisyti, 1999). Además este mismo autor, señala que el sustrato debe de generar un ambiente favorable para el desarrollo de organismos simbioses (Irisyti, 1999).

El sustrato “ideal o de calidad” está definido por una serie de características, estas son, baja proporción de fase sólida (15% del peso seco), alta proporción de materia orgánica en la fase sólida (aproximadamente 80%), baja densidad aparente, alta retención de agua a capacidad de campo (aproximadamente el 50% en volumen), gran proporción del agua retenida con baja energía, buena macroporosidad, no tener salinidad y un pH adecuado¹. De este modo, los componentes del sustrato en general son compost, turba, minerales (vermiculita, perlita), y en algunos viveros forestales se agregan fertilizantes o enmiendas, como fertilizantes de liberación lenta, humectantes, entre otros. Es importante mencionar que el concepto de sustrato varía, en función del esquema de fertilización el cual a su vez depende del nivel tecnológico del vivero¹.

En relación al sustrato, según Coppola et al. (2000), algunos viveristas prefieren sustratos inertes y controlar la concentración de nutrientes, totalmente a través de la fertilización. Asimismo indican que las exigencias más comunes de los viveros en relación al sustrato son, la homogeneidad, buena granulometría, adecuada retención de agua, adecuada fertilidad, buena capacidad de intercambio, pH aproximadamente 6.5, y estar libre de patógenos. Este último aspecto es muy importante, según Cardenas (2003) utilizar sustrato libre de hongos fitopatógenos, y semillas de malezas contribuye a reducir la ocurrencia de enfermedades y la competencia con malezas, mejorando la calidad del plantín a obtener.

Uno de los componentes del sustrato es el compostaje, según Rossi (2010) independientemente de su porcentaje en la mezcla que compone el sustrato, el nivel de nutrientes que aporta el compost es insuficiente para el sistema microorganismo-vegetal. Este mismo autor indica que es importante establecer el agente biológico de biocontrol, desde el inicio del ciclo del plantín, para lo cual se debe prestar atención a la concentración de nutrientes en el sustrato.

Por consiguiente, el material orgánico puede ser empleado para mejorar las características físicas y químicas del medio, con el requisito de cumplir con ciertas especificaciones técnicas (Rossi, 2010).

Otro material orgánico empleado puede ser la corteza, en ese sentido las investigaciones realizadas por Sánchez et al. (2008), determinaron que en la medida que los sustratos contengan mayor cantidad de esta, el valor de agua disponible para la planta disminuye.

Las características físicas del sustrato son claves para el correcto desarrollo del sistema radicular, una investigación realizada por Wright, citado por García (2007) demuestra que la utilización de corteza de pino compostada, de granulometría gruesa, es una de las causas de la deformación del sistema radicular por resistencia mecánica.

¹ Zamalvide, J. 2011. Com. personal

Algunos de los principales problemas de los vivero de nuestro país son, el crecimiento desuniforme, la deficiencia de nitrógeno, boro y hierro, y falta de endurecimiento¹.

2.3 ENFERMEDADES IMPORTANTES DE *Eucalyptus sp.*

2.3.1 Vivero

El microclima que se genera en un vivero forestal, producto de las diferentes técnicas y métodos de producción, conlleva a la manipulación de las condiciones de densidad, fertilización, entre otras, exponiendo a los plantines a diversas enfermedades, causadas principalmente por hongos. Las cuales han resultado ser una continua fuente de problemas en los viveros, provocando pérdidas de diversa índole.

Las patologías en vivero, se dan en los primeros meses de vida del plantín y los síntomas se observan generalmente en grupo de plantas y no en plantas aisladas (Lugano, s.f.). Por consiguiente, en nuestro país los principales problemas sanitarios en vivero son causados por enfermedades conocidas como, damping-off, moho gris y manchas foliares.

2.3.1.1 Damping-off

Es una de las patologías más comunes en los viveros forestales, la cual causa grandes cantidades de daños, y de manera muy rápida, convirtiéndose en un importante gasto de reposición de plantines, incidiendo en la planificación establecida en cuanto a la futura plantación (Romero, 1993).

Con respecto a su sintomatología según Romero (1993), esta enfermedad puede darse en cinco momentos del desarrollo de la plántula:

- Fallas de germinación y/o ataque de pre-emergencia: la consecuencia en este tipo de ataques es la no emergencia de plántulas, o una emergencia mucho menor de la esperada.
- Ataque de post-emergencia: se manifiesta como un estrangulamiento a nivel de cuello de la plántula, luego se marchita y se vuelca. Esto último, ocurre inmediatamente después de la germinación y el riesgo desaparece cuando las plantas ya tienen el tallo lignificado (dos meses después de la germinación).

- Ataque de copas o “top-killing”: se observa la aparición de micelios que recubren y apelmazan las copas. Esto se da a partir de del uso en demasía de materiales de recubrimiento, para impedir la desecación rápida del almácigo.
- Podredumbre de raíz o “root-rot”: se expresa como un marchitamiento, permaneciendo el plantín erecto y con tonalidad marrón.

Con respecto a los agentes causales de esta patología, son muchas las especies que abarcan este complejo de hongos. En nuestro país predominan, *Pythium spp.*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium spp.*, *Sclerotirium spp.*, *Phytophthora spp.*, entre otros. Estos tienen diferentes exigencias con respecto a la temperatura y humedad, tanto atmosférica como del suelo. Llevando a que mientras unos agentes se vean favorecidos con la condiciones para su desarrollo, otros se vean perjudicados. Cabe destacar que el único factor que beneficia su desarrollo en común, es la elevada temperatura atmosférica.

2.3.1.2 Moho gris

Esta enfermedad es causada por un hongo (*Botrytis cinerea*), la cual es muy frecuente en viveros forestales, ocasionando pérdidas económicas importantes, pudiendo provocar mermas de hasta 50% de la producción. Actualmente, el moho gris es considerado una de las patologías muy difíciles de controlar en los viveros. La resistencia de este patógeno al control químico hace que sea prácticamente imposible su erradicación².

Con respecto a la sintomatología, puede comenzar secándose las hojas del ápice, como también por una podredumbre en la base del tallo. Los ápices se vuelcan, observándose como signo los micelios de color gris, que forman una trama que envuelve al brote caído. También es frecuente la infección por semilla, donde la plántula al germinar, se desarrolla y crece junto al hongo patógeno; comenzando como una enfermedad localizada, hasta que se pone en contacto con el ápice, donde realmente causa daño más visible².

Las condiciones en vivero predisponentes para esta enfermedad, son ambientes con poca ventilación, húmedos y con temperaturas medias (FAO, 2006). En tal sentido, según Romero (1993), estas condiciones se dan principalmente en otoños lluviosos y con pocos días de frío.

Asimismo, un aspecto importante a tener en cuenta es el estado nutricional del plantín, llevando a que quede expuesto al ataque de este patógeno. Según Lugano (s.f.)

² Romero, G. 2012. Com. personal

la excesiva aplicación de nitrógeno en las primeras etapas, lleva a que los tejidos sean más tiernos y susceptibles al ataque. Por lo cual, es importante un cuidado especial en los desbalances nutricionales de N, P y B.

2.3.1.3 Mancha foliar

Este tipo de patología en vivero es muy significativa, debido a que se ve perjudicado el crecimiento del plantín, producto de una disminución de la capacidad fotosintética, lo que determina un descenso en la producción de materia seca (FAO, 2006).

Según Romero (1993), uno de los agentes causales de esta enfermedad en vivero es *Alternaria tenuísima*, el cual es un patógeno generalmente de semilla, que luego puede trasladarse a las hojas de forma ascendente.

Como síntoma se puede observar manchas pequeñas, irregularmente circulares, de color marrón rojizo. Estas últimas se encuentran por lo general en hojas más viejas, cuando aparecen deficiencias de nutrientes. *Alternaria spp.* por lo general, ataca todas las especies de *Eucalyptus*. En el caso de eucaliptos colorados, puede aparecer en el jardín clonal en los vivero y en plantación (Romero, 1993).

Otro de los agentes causales de mancha foliar en vivero, es *Cylindrocladium scoparium*, este hongo al igual que *Alternaria spp.* ingresa con la semilla. Con respecto a su sintomatología, aparecen inicialmente como manchas cloróticas, pardo-grisáceas que comienzan a menudo en el borde de la hoja, pudiéndose observar luego halos necróticos concéntricos. En situaciones de alta severidad, provoca la caída de las hojas (Romero, 1993).

Las condiciones predisponentes para esta enfermedad son principalmente, alta humedad relativa y desbalances nutricionales².

Es importante erradicar esta patología en vivero antes de ser llevados los plantines a campo, debido a que las plantas infectadas, en plantación se contagian fácilmente en condiciones adecuadas de humedad (Romero, 1993). Asimismo, si un plantín está infectado el hongo va permanecer en el sustrato, el cual no podrá ser reutilizado.

2.4 DAÑOS POR FACTORES ABIÓTICOS

2.4.1 Heladas

En Uruguay son frecuentes las heladas severas, principalmente en invierno, pero ocasionalmente también en otoño y primavera (Corsi, citado por Balmelli, 1993).

La temperatura es uno de los factores climáticos que condicionan la adaptación y el crecimiento de los árboles y dentro de esta, las temperaturas mínimas son las más letales, pudiendo matar parte o totalidad de la planta con una sola ocurrencia (Prado, citado por Balmelli, 1993).

Con respecto al daño causado por este factor abiótico, está relacionado al congelamiento del agua que constituye los tejidos vegetales. Este congelamiento, altera los procesos fisiológicos y los elementos anatómicos de las plantas (Corsi y Genta, citados por Balmelli, 1993).

Estos daños mencionados son frecuentes en plantas jóvenes, ya que los plantines presentan tejidos tiernos en formación, que pueden ser destruidos a causa de las necrosis producidas. En algunos casos no solo la parte aérea se puede ver afectada, sino que también el sistema radicular, donde se produce la muerte de las raicillas. El daño por heladas, se puede expresar como quemaduras de brotes y follaje, observándose como uno de los síntomas una coloración rojiza (FAO, 2006).

Existen diversas características propias de las plantas que afectan su susceptibilidad al frío, algunas de estas son, la edad, el desarrollo alcanzado y el grado de lignificación (Prado, citado por Balmelli, 1993). Por lo tanto, este autor señala que las plantas mal desarrolladas y/o jóvenes sufrirán daños mayores, debido a que las temperaturas más bajas se dan a nivel del suelo. Asimismo, indica que las plantas tienen mayor resistencia al frío en la medida que el grado de lignificación aumente, este último está relacionado con la edad.

Otras dos características importantes son, el estado fisiológico (FAO, citado por Balmelli, 1993) y la resistencia genética (Lacroix, citado por Balmelli, 1993). Con respecto al primero, el daño es mayor cuando la planta se encuentra en activo crecimiento. En relación a la resistencia genética, cada genotipo tiene un umbral de resistencia, es decir, una temperatura determinada debajo de la cual la helada produce daños.

2.4.2 Herbicidas

La competencia que ejercen las malezas, tienen una influencia determinante en la supervivencia de la plantación, sobre todo en las primeras etapas del establecimiento

del cultivo, cuando existe mayor sensibilidad a la competencia (Pitelli y Marchi, citados por Villalba, 2010). Investigaciones realizadas por Sánchez, citado por Villalba (2010) indican que el 75-90% de la mortalidad potencial, puede ser explicado por el control de malezas.

El control de malezas mejora la homogeneidad y el crecimiento de la plantación de *Eucalyptus grandis*, reduciendo la competencia por agua, nutrientes y luz, especialmente durante el primer año de plantación (Vera y Larocca, citados por Villalba, 2010).

El control químico de malezas en plantaciones forestales, ha desplazado rápidamente otros tipos de controles, debido a sus potencialidades, es decir, la facilidad para adaptarse a diferentes situaciones y adecuarse a diversos problemas de malezas, dada su versatilidad y menor costo (Kogan, citado Villalba, 2010).

Actualmente en nuestro país el control de malezas se realiza con herbicidas pre-emergentes, los cuales se aplican en el surco de plantación, tanto en pre-plantación o en el período inmediato a la implantación. Con este tipo de herbicidas se busca una alta selectividad en la especie cultivada, un amplio período de residualidad en el control y un amplio espectro de control para las malezas (Villalba, 2010).

Los primeros años después de la plantación, es cuando los árboles son vulnerables, producto de varios factores, principalmente la baja tolerancia a los herbicidas (FAO, 2006).

Los daños provocados por los herbicidas ocurren en el momento de la aplicación, dado a la deriva causada cuando son aplicados a los plantines o a los árboles jóvenes a tasas de aplicación inapropiadas (FAO, 2006). Esta última puede causar fitotoxicidad, quemado del follaje y pérdidas de árboles, dada la excelente translocación del herbicida desde la hoja hacia los puntos de crecimiento (Tuffi Santos et al., Duke y Powles, citados por Villalba, 2010). A primera vista, estos síntomas de daños mencionados se confunden con deficiencias nutricionales, o con ataque de plagas o enfermedades (FAO, 2006).

A esto se debe sumar que el uso repetido de herbicidas, puede originar cambios en las poblaciones de malezas, las que pueden generar resistencia al herbicida (Duke y Powles, citados por Villalba, 2010).

Si los árboles dañados por herbicidas sobreviven, los síntomas generalmente desaparecen en la estación de crecimiento siguiente (FAO, 2006).

2.4.3 Deficiencias nutricionales

Las deficiencias nutricionales en *Eucalyptus sp.* son frecuentes en vivero y durante el establecimiento inicial en plantación, tanto de macro, como de micronutrientes (Romero y Marius, 2002). Según FAO (2006), estos desordenes nutricionales son causantes de diversos síntomas, pero además causan indirectamente, la ocurrencia de plagas y enfermedades de origen biótico.

Según Romero y Marius (2002), los nutrientes esenciales pueden clasificarse en función de su movilidad en el floema:

- Móviles: estos se transportan a partir de hojas senescentes
- Inmóviles: son aquellos que son retenidos en las hojas
- Medianamente móviles: pueden ser transportados a partir de las hojas en condiciones especiales.

Dicha clasificación es muy importante, debido a que la manifestación y observación de los síntomas, estará relacionado a la movilidad del nutriente. De este modo, los nutrientes móviles manifestaran los síntomas de deficiencia primeros en las hojas viejas.

Cabe destacar que los síntomas de deficiencias nutricionales, según Romero y Marius (2002) pueden ser causadas por diversos factores, algunos de los cuales pueden ser, genéticos, producto del estrés ambiental, agentes contaminantes, patógenos, animales, toxicidad por nutrientes, productos químicos y por deficiencias nutricionales. Estos mismos autores, señalan la necesidad de conocer y diagnosticar tempranamente las deficiencias, a los efectos de poder corregirlas en tiempo y forma. Algunas de las deficiencias nutricionales más comunes se presentan a continuación.

•Nitrógeno

El síntoma más común de deficiencia de este macronutriente es una clorosis severa, esta ocurre primero en las hojas viejas, pero los síntomas se extienden rápidamente a las hojas jóvenes, debido a que es un nutriente muy móvil. Las hojas maduras, degradan su propia proteína a formas solubles de nitrógeno, siendo trasladadas por el floema a otras áreas de la planta. Inicialmente los síntomas se observan en el área internodal de hojas maduras, que pasan de una coloración verde, a verde pálido, generalizándose en fases más avanzadas de deficiencia (Romero y Marius, 2002).

•Fósforo

Este nutriente al ser móvil por el floema, las deficiencias se observan primeramente en las hojas maduras, para luego ser redirigido a las hojas jóvenes y desde la corteza interna hacia los brotes en desarrollo. Como primer síntoma de deficiencia, se observan pequeñas manchas de color púrpura en la zona internerval de las hojas viejas. El centro de estas manchas se necrosan, observándose colores marrones o blancos; luego estos síntomas también se observan en las hojas jóvenes. Ante una deficiencia severa, puede haber defoliación, lo cual es común de observar en *E. grandis* y *E. urophylla* (Romero y Marius, 2002).

En el país es frecuente la pobreza de este mineral, aunque el déficit del mismo se da principalmente en suelos con alto tenor de hierro y poco calcio (FAO, 2006).

•Potasio

Este mineral se mueve libremente por floema, exportándose desde hojas viejas, donde aparecen los primeros síntomas, para luego exportarse a hojas jóvenes. Como deficiencias severas, se puede observar ápices muertos o plantas enanas. Estas deficiencias se caracterizan en *Eucalyptus sp.* por la ocurrencia en hojas maduras de necrosis o quemaduras (Romero y Marius, 2002). Además, según la FAO (2006) se produce una disminución del crecimiento de las raíces, y problemas en la lignificación de los tejidos de toda la planta, por lo que queda más sensible a heladas, sequías, plagas y enfermedades.

No es frecuente que falte en nuestros suelos este mineral, excepto en suelos arenosos ácidos, aunque el exceso de agua en el perfil, puede limitar su absorción (FAO, 2006).

•Boro

Las deficiencias severas de este micronutriente impiden el crecimiento de los brotes. Primeramente, ocurre un cambio de pigmentación en hojas jóvenes, y se acumulan pigmentos púrpuras alrededor de los márgenes, provocando finalmente una clorosis. Los amarillamientos pueden extenderse por el margen, internervalmente y sobre el borde entero. Los brotes terminales pueden morir y perder la dominancia apical, así como reducir la lignificación de la madera y provocar el vuelco de los mismos (Romero y Marius, 2002).

Este micronutrientes se presenta como deficitario en muchos suelos del país. En el caso de los suelos de prioridad forestal, una limitante o deficiencia de este nutriente puede provocar trastornos en el desarrollo y performance sanitaria (Romero y Marius,

2002). Estos mismos investigadores, indican que las prácticas agrícolas pueden generar deficiencia de boro, tanto por agotamiento del nutriente o como consecuencia de un uso intensivo de cultivos con re-fertilizaciones de urea o combinaciones de N, P y K.

El boro es fundamental para la cicatrización de heridas o rajaduras de la corteza. Debido a esto, árboles que sufran deficiencias de este nutriente tendrán cicatrizaciones más lentas o deficientes, y por lo tanto están más propensos a la infección de hongos patógenos (Dell et al., citados por Romero y Marius, 2002).

2.5 MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES

En los últimos años se ha incrementado la conciencia acerca de la necesidad de conservar los recursos naturales y el medio ambiente para las generaciones actuales y futuras (Mondino y Vero, 2006). Según estos mismos autores, la aplicación de fungicidas y químicos en general está siendo cuestionada, debido a que son múltiples los problemas que estos han causado en el ambiente, la salud humana y la economía.

En la búsqueda de dar respuestas a la sociedad, los agricultores y técnicos deben de construir e implementar complejos sistemas de manejo integrado (MI), el cual permita disminuir las aplicaciones de fungicidas, recurriendo a la utilización de técnicas y productos de bajo impacto (Mondino y Vero, 2006). De esta manera, el sistema MI racionaliza el control químico, y aplica métodos menos agresivos contra el ambiente, como por ejemplo el control biológico, el cual permite satisfacer las exigencias económicas, ecológicas y toxicológicas.

El MI de enfermedades, malezas y plagas implica una nueva concepción filosófica en la protección vegetal, la cual consiste en realizar prácticas socialmente aceptables, responsables para el medio ambiente y permiten producir de forma rentable (Mondino y Vero, 2006).

A continuación se presenta la pirámide que grafica los diferentes componentes del sistema de MI de enfermedades de plantas, según Mondino y Vero (2006).

Figura 1: Representación gráfica del sistema de manejo integrado



Fuente: Mondino y Vero (2006)

En los viveros forestales el MI de enfermedades es la forma más práctica y segura, para ello es necesario la detección temprana de la enfermedad y el uso coordinado de diferentes técnicas de prevención (culturales, químicas y biológicas), a los efectos de evitar que los patógenos alcancen niveles que causen daños económicos importantes (Almodóvar, 2005).

2.5.1 Control biológico

A la hora de diseñar y poner en práctica el sistema de manejo integrado, el control biológico es una herramienta indispensable (Mondino y Vero, 2006).

Existen diversas definiciones de control biológico, según Baker y Cook, citados por Mondino y Vero (2006), es la reducción de inóculo o actividades productoras de enfermedad de un patógeno o parásito, lograda a través de la manipulación del ambiente, o los antagonistas, o por la introducción de este último.

Según Wilson y Wisniewskil, citados por Mondino y Vero (2006), es una forma de control que no involucra el uso de plaguicidas de síntesis química; por lo cual proponen, la utilización de microorganismos antagonistas, sustancias naturales o huésped de resistencia modificada. Este concepto es muy amplio, por lo que Mondino y Vero (2006), señalan que el uso de variedades resistentes a los patógenos, formarían parte del control biológico. Continuando con esta línea de razonamiento, según García et al., citados por Mondino y Vero (2006), introducen una nueva polémica ya que los microorganismos genéticamente modificados formarían parte del control biológico.

De esta manera, Mondino y Vero (2006) definen el control biológico como la introducción de organismos antagonistas en el patosistema, a los efectos de controlar el patógeno y beneficiar a la planta, reduciendo el inóculo del patógeno y/o la intensidad de los síntomas posteriores a la infección.

Asimismo, Almodóvar (2005) menciona que el control biológico aplicado al sistema de manejo integrado, se basa en tratamientos naturales y otros métodos ecológicos como el manejo cultural, el cual complementa la acción de los enemigos naturales. En tal sentido, este autor indica que existen agentes biológicos de control como por ejemplo hongos y bacterias, beneficiosas para los árboles.

La prevención es clave en el manejo de enfermedades, por lo que la capacitación adecuada del personal que trabaja en viveros forestales es importante. A los efectos de generar alertas ante posibles indicios de una enfermedad, llevando a que se ejecuten medidas para que la misma no se sigan esparciendo a otros lugares del vivero (Almodóvar, 2005). Asimismo este autor, señala la importancia del manejo cultural dentro del manejo integrado, es decir la manipulación del ambiente del vivero, mediante diversas prácticas como la poda, la fertilización, la ventilación, la densidad de siembra y el manejo de riego, entre otros, son aspectos claves.

Con respecto al control biológico de enfermedades en plantación, causadas por comunidades microbianas como *Pythium*, *Phytophthora*, *Fusarium sp.*, y *Rizoctonia solani*, requiere de la introducción o la presencia de fuentes edáficas de nutrientes orgánicos en el suelo (Hoitink y Boehm, 2001). En tal sentido, se han desarrollado varias estrategias de control biológico, tanto en la introducción de agentes biológicos de manera individual o en mezclas, llevando a varios investigadores a realizar estudios para mejorar los resultados obtenidos (Weller, citado por Hoitink y Boehm, 2001). Según Harman, citado por Hoitink y Boehm (2001), es fundamental conocer la habilidad del agente para establecerse en las raíces, ya que el establecimiento en la rizosfera es muy importante. Otro enfoque, según varios investigadores es la incorporación de suplementos alimenticios, junto al agente biológico de control, a los efectos de mantener la actividad de estos últimos (Lewis et al., Steinmetz y Schonbeck, citados por Hoitink y Boehm, 2001).

Para el control de enfermedades provocadas por muchos de los fitopatógenos del suelo, existen facilitadores, como las enmiendas orgánicas (estiércoles frescos y/o fermentados y compost) cuando son aplicados mucho antes de la siembra (Backer y Cook, Hodges y Scofield, Lumsden et al., citados por Hoitink y Boehm, 2001). De esta manera, los microorganismos edáficos estimulados, contribuyen a incrementar la capacidad supresora de los suelos, mediante los mecanismos de control biológico, es decir la competencia, antibiosis, parasitismo/depredación y resistencia sistémica inducida (Loxkwood, citado por Hoitink y Boehm, 2001). La actividad de los agentes de biocontrol sobre las comunidades microbianas patogénica, depende de varios factores,

como la respuesta al suelo, las reservas de energía incorporadas por parte de la planta, concentración y disponibilidad de carbohidratos, quitina, entre otras, lo que determina que la materia orgánica juegue un rol clave en la regulación de estas actividades.

Por consiguiente, para poner en práctica estrategias de control biológico de enfermedades, según Mondino y Vero (2006), es necesario conocer en profundidad el ciclo biológico del patógeno, el ciclo de la enfermedad, la biología de la planta huésped y las características epidemiológicas de la enfermedad.

En cuanto a la utilización de quitosano como componente del control biológico, según Lárez (2008) las propiedades de la quitina y el quitosano, son conocidas por el hombre desde la antigüedad. Asimismo, este autor indica que el uso de quitosano en actividades agrícolas es mucho más reciente, pese que actualmente es muy utilizado.

El quitosano posee múltiples propiedades que lo hacen muy útil para el manejo integrado. Estas han sido comprobadas mediante varias investigaciones, algunas de las cuales son la actividad bactericida de este biopolímero (Papineau et al., Helander et al., Devlieghere et al., citados por Lárez, 2008); actividad fungicida la cual ha sido comprobado in vitro y in vivo (Li y Yu, Yu et al., citados por Lárez, 2008), dado que inhibe varias especies de hongos (Roller y Covill, Allan y Hardwiger, citados por Lárez, 2008).

Continuando con las propiedades de este biopolímero, se puede mencionar la actividad antiviral. De esta manera, se han publicado varias investigaciones que demuestran que el quitosano inhibe las enfermedades provocadas por virus y viroides (Chirkov, Pospieszny et al., citados por Lárez, 2008). Además, el quitosano estimula el crecimiento, es decir, favorece la germinación y el crecimiento de las raíces, retoños y hojas (Bhaskara et al., citados por Lárez, 2008).

Finalmente, existe evidencias desde el año 1982, donde Pearce y Ride, citados por Lárez (2008), comprobaron la inducción de resistencia en algunas plantas.

A nivel nacional, existen varias experiencias positivas en relación a la utilización del control biológico en viveros forestales. Algunas de ellas se basan en especies del género *Pinus* y *Eucalyptus*, en la cuales se investigo el efecto del agente de biocontrol *Trichoderma harzianum* sobre estos géneros. Algunos ejemplos de estas investigaciones son, Rossi (2010) en donde sus resultados indican el efecto positivo de *Trichoderma harzianum* en el crecimiento y en la resistencia a enfermedades en *Eucalyptus dunii*. Otra investigación, realizada por Cabrera y Tejera (2002), permitió concluir que *Trichoderma harzianum* incluido en sustrato, tuvo un efecto promotor de crecimiento en *Eucalyptus grandis*, así como también en el control de *Botritis cinera*.

2.5.1.1 *Trichoderma harzianum*

Este hongos pertenece al género *Trichoderma*, el cual está presente en la mayoría de los suelos y son objeto de múltiples trabajos sobre control biológico de enfermedades, debido a sus propiedades antagonistas (Sánchez et al., 2006).

Cuadro 2: Clasificación taxonómica de *Trichoderma harzianum*

Reino	MYCETAE
División	EUMYCOTA
Subdivisión	DEUTEROMYCOTINA
Clase	HYPHOMYCETES
Orden	HYPHALES
Género	<i>Trichoderma</i>
Especie	<i>Trichoderma harzianum</i>

Fuente: Agrios (1995).

En cuanto a la descripción de esta especie, presenta colonias que crecen rápidamente, la conidiación es predominantemente efusiva y de apariencia granular o polvorienta. Debido a su gran densidad, rápidamente cambia del amarillo al verde oscuro, produciendo ramilletes o pústulas bordeadas por micelio blanco (estéril), revertiendo la coloración a amarillo opaco o beige (Kubicek y Harman, citados por Cerdenas, 2003).

Las estructuras de resistencias son clamidiosporas intercalares o terminales en cortas ramificaciones, unicelulares, pero pueden fusionarse entre dos o más de forma subglobosa, elipsoidal o periforme (Bisset, citado por Cabrera y Tejera, 2002). Asimismo, Lewis y Papavizas, citados por Cardenas (2003), indican que las estructuras de este hongo permiten sobrevivir y persistir de un año a otro.

Según Bénéitez et al. (2004) las cepas de *Trichoderma spp.* tiene gran capacidad para sobrevivir en condiciones desfavorables, esto está asociado a la capacidad de modificar la rizosfera y la agresividad contra hongos fitopatógenos. Asimismo es eficiente en la utilización de nutrientes y en la promoción del crecimiento vegetal, así como también en la activación de mecanismos de defensa de las plantas. En tal sentido, las investigaciones realizadas por Miranda et al., citados por Mondino y Vero (2006), señalan que las diferentes cepas de este género, han demostrado habilidad para colonizar efectivamente la rizosfera, el rizoplano y en algunos casos llegar al interior de las raíces de plantas, logrando un efectivo control de patógenos radiculares.

Las especies pertenecientes a este género según Infante et al. (2009) son saprofitas y en ocasiones anaerobios facultativos, lo que determina cierta plasticidad ecológica.

Según Papavizas y Lunsden, citados por Ezziyyani et al. (2004), *Trichoderma harzianum* presente buenas cualidades como agente de biocontrol, dado su ubicuidad, facilidad para ser aisladas y cultivadas, rápido crecimiento en diversos sustratos y no ataca a plantas superiores. Una de sus cualidades, según señala Woo et al. (2005), es el alto nivel de resistencia innata de estos hongos a varios productos químicos y toxinas naturales producidas por otros microorganismos; dado la presencia en la membrana celular de un gran número de proteínas efectivas para el transporte. Además Añon et al. (2004), evidenciaron mejoras en la calidad de planta en pinos, mediante la utilización de este agente de biocontrol, en la etapa de vivero.

El género *Trichoderma*, posee varios mecanismos que posibilitan su acción de biocontrol, según Rossi (2010), estos son micoparasitismo, amensalismo, competencia por nutrientes y espacio, interacción agente de control-patógeno y la inducción de resistencia en la interacción agente de biocontrol-hospedero.

El micoparasitismo es definido como una simbiosis antagónica entre organismos, generalmente están implicadas enzimas extracelulares como quitinasas y glucanasas, las cuales se corresponden con la composición y estructura de las paredes celulares de los hongos parasitados (Díaz, Lorito et al., Melgarejo et al., Ulloa, citados por Infante et al., 2009). Según Corrêa et al., citados por Negrone et al. (2008), *Trichoderma sp.*, son géneros activos como micoparasitos, debido a que producen enzimas degradadoras como alfa-1,3-glucanasas y diferentes enzimas quitinolíticas.

En cuanto a la antibiosis según Vey et al., citados por Mondino y Vero (2006), los productos secundarios activos (antibióticos) de *Trichoderma spp.*, son efectivos contra determinados fitopatógenos fúngicos. Asimismo las investigaciones realizadas por Howell, citado por Barrios (2006), indican que en la rizosfera se produce la liberación de sustancias antibióticas y enzimas hidrolizadoras de la pared, significando una habilidad de este agente biológico como biocontrolador. Estas enzimas se denominan proteínas-PR, se sintetizan ante condiciones de patogénesis o por inducción de microorganismos no patogénicos.

Otro mecanismo de biocontrol de *Trichoderma spp.* es la capacidad de movilizar y captar nutrientes del suelo en comparación con otros organismos, es decir el mecanismo de competencia (Chet et al., citados por Benítez et al., 2004). Asimismo Benítez y sus colaboradores (2004), citan los resultados obtenidos por Delgado et al. los cuales indican la eficacia de *Trichoderma spp.* frente a otros hongos en el transporte de glucosa. Además, Benítez et al., citados por Barrios (2006), señalan la capacidad de este

agente de biocontrol, para captar hierro de la rizosfera deteniendo el crecimiento de otros hongos.

Según Benítez et al., citados por Woo et al. (2005), uno de los mecanismos más importantes es la inducción de resistencia demostrada por Ezziyyani et al. (2005), los cuales comprobaron la detección de la enfermedad ocasionada por *Phytophthora capsici*, cuando se utilizaba *Trichoderma harzianum* como agente de biocontrol.

Algunas investigaciones mencionan la importancia del incremento en la producción de quitinasas por parte de *Trichoderma harzianum*, confiriéndole la capacidad de resistencia, principalmente a *Alternaria spp.*, *Botritis cinerea* y *Rhizoctonia solana* (Benítez et al., 2004).

Según Mishra et al., citados por Ortiz (2007) una de las categorías de las proteínas quitinasas son las MAP quininas, las cuales están distribuidas en el núcleo y en citoplasma de las células, y participan en varias rutas de transducción. De esta manera, mediante un estrés de origen biótico (patógenos y/o inductores derivados de estos) o abióticos (bajas temperaturas, etc.), podrían inducir en las plantas mecanismos de defensas a través de la ruta de MAP quininas. Cabe destacar que los inductores, según Rossi (2010) son compuestos que se unen a receptores en la membrana de la célula vegetal, pudiendo estimular a la planta a una respuesta similar a la que provocaría un patógeno, induciendo mecanismos de resistencia en ausencia del patógeno.

Por otra parte Shoersh et al., citados por Rossi (2010) menciona que vegetales inoculados con *Trichoderma spp.* utilizando inhibidores de ácido jasmónico y etileno, el efecto protector de este agente a la planta disminuye, por lo cual el rol de estas hormonas son claves en el mecanismo de resistencia de la planta a enfermedades.

La biopromoción del crecimiento vegetal por parte del *Trichoderma spp.*, es posible debido a que este agente produce factores de crecimiento como auxinas, citoquininas, etileno, ácido acético y moléculas similares a las giberilinas, las cuales promueven y regulan el crecimiento y desarrollo de la planta (Osiewacz, citado por Benítez et al., 2004).

Existen investigaciones en maracuyá realizada por Cubillos et al. (2009), este autor cita lo realizado por Valencia et al. el cual indica que los compuestos producidos por este agente, actúan sobre los tejidos meristemáticos primarios, como catalizadores en las plantas jóvenes, lo que provoca una aceleración en la reproducción celular y la planta se desarrolla más rápido, en relación a otra sin el agente.

Asimismo, varias investigaciones señalan que *Trichoderma harzianum* es utilizado como biofertilizante en diferentes productos comerciales (Valencia, Valero, citados por Cubillos et al., 2009). Una de estas investigaciones fue lo realizado por

Benítez et al., citados por Barrios (2006), en el cual señala que la inoculación de plantas con *Trichoderma harzianum* incrementan el crecimiento y desarrollo del vegetal, básicamente por aumentar la resistencia al estrés biótico y mejorar la utilización de nutrientes.

2.5.1.2 Quitosano

El quitosano es un polímero derivado de la quitina, el cual se produce por desacetilización alcalina o enzimática (Martínez y Gozalbo, citados por García, 2008). Este polímero, está constituido principalmente por unidades de glucosamina con uniones β (1-4), se obtiene a partir de residuos de crustáceos, entre los cuales se destacan el camarón, el cangrejo y la langosta (Du et al., Al Sagheer et al., Falcón et al., citados por Guerra-Sánchez et al., 2010). Asimismo, Tapia et al. (2009) señala que este polímero está ampliamente distribuido en la naturaleza y forma parte estructural de insectos, crustáceos e incluso hongos.

Según Guerra-Sánchez et al. (2010) el quitosano no es tóxico, es biodegradable y tiene amplias propiedades antifúngicas. Por otra parte, según indica Tapia et al. (2009) se han descrito actividad antimicrobiana del quitosano frente a bacterias y hongos.

Cabe destacar que el quitosano se clasifica según el grado de polimerización, de esta manera existen aquellos de bajo pesos molecular y de alto peso molecular, los cuales se denominan QBPM y QAPM, respectivamente (Tapia et al., 2009). En ese sentido, existe una relación directa entre el peso molecular del quitosano y la actividad fungicida (Hiriano y Nagano, Bautista-Baños et al., citados por Lárez, 2008).

Los efectos antifúngicos de este biopolímero se han relacionado con el nivel de desacetilación de la molécula, la concentración aplicada y la masa molecular del compuesto, entre otros factores (Falcón et al., Bautista-Baños et al., Hernández-Lauzardo, citados por Guerra-Sánchez et al., 2010). Además, según Rabea et al., citados por Guerra-Sánchez et al. (2010), se conoce que las características del polímero pueden influir en las propiedades funcionales de los sistema donde se aplique, interfiriendo de manera significativa en el efecto fisiológico de los microorganismos.

En relación a lo anterior, algunos estudios sugieren que el efecto del quitosano puede ser fungicida o fungistático, dependiendo de la concentración a la cual se utilice. Según Hernández-Lauzardo et al. (2005), el crecimiento micelial de *Colletotrichum gloeosporides* aislado de papaya, fue inhibido totalmente con concentraciones de quitosano del 3.0% durante 7 días de incubación. Mientras que este mismo autor, señala que a concentraciones del 1.5% el hongo comenzó a crecer. Asimismo, Bautista-Baños et al., citados por Hernández-Lauzardo et al. (2005), evidenciaron que concentraciones

superiores al 1.5% afectaron negativamente a *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata*, *Colletotrichum gloeosporioides* y *Rizhopus stolonifer*.

Por otra parte, en Latinoamérica, según Caprile, citado por Lárez (2008) éste no se encuentra dentro de los principales productores de este biopolímero, siendo Estados Unidos y Japón los principales productores a nivel mundial. En el año 2007, la global industry analyst incorporated, indica que la producción mundial creció fuertemente entre el período 2001- 2010.

Algunos autores, señalan la potencialidad de Latinoamérica para generar este producto, sería aproximadamente 2.5 veces más que la demanda actual del quitosano (Lárez, 2008).

Cabe mencionar que los mecanismos de acción del quitosano no han sido del todo establecidos, aunque a en esta revisión bibliográfica se presentan algunas hipótesis al respecto. Según Lárez (2008), algunas de las propiedades del quitosano que maximizan su utilización en las diferentes producciones agropecuarias son:

- Actividad bactericida
- Actividad fungicida
- Actividad antiviral
- Estimulación del crecimiento
- Inducción de resistencia
- Nematicida

- Actividad bactericida

En medio ácido, ocurre la protonación del grupo amino presente en cada unidad de glucosamina, por lo que el quitosano desarrolla carga positiva, esto lo hace soluble en medio acuoso, determinando una diferenciación de su polímero matriz, la quitina, confiriéndole una mayor actividad biocida (Papineau et al., Hlander et al., Devlieghere et al., citados por Lárez, 2008).

Según Lárez (2008), se han propuestos varios mecanismos para explicar las acciones específicas por las cuales el quitosano ejerce la actividad bactericida. Estos mecanismos dependen de varios factores, como el grado de acetilación, la distribución de los grupos desacetilados a lo largo de la cadena, la longitud de la cadena, la distribución de los pesos moleculares, entre otros (Terbojevich et al., citados por Lárez, 2008).

Uno de estos mecanismos propuestos es la interacción electrostática entre el quitosano y algunas bacterias Gram negativas como, *Escherichia coli*, *Pseudomonas*

aeruginosa, entre otras, lo que permite la formación del complejo polielectrolito, que provoca la alteración de las propiedades de la membrana exterior del microorganismo (Helander et al., citados por Lárez, 2008). Asimismo, investigaciones realizadas por Chung et al., citados por Lárez (2008), indican que este complejo bloquea físicamente la membrana celular externa del microorganismo, y provoca la muerte bacteriana.

Continuando con los mecanismos propuestos, se puede mencionar las investigaciones realizadas por Liu et al., citados por Lárez (2008). En tal sentido, estos trabajos indican que ocurre una interacción electrostática entre, el grupo NH_3^+ y el grupo fosforilo de los fosfolípidos presentes en las membranas de las bacterias Gram negativas, lo que provoca la salida del material intracelular. En el caso de las bacterias Gram positivas, según Lárez (2008) en algunos casos, el quitosano tiene mayor actividad a pesar de que estas carecen de cargas negativas en la membrana celular. Lo cual, ha llevado a pensar a los investigadores como, Li et al., citados por Lárez (2008) la existencia de poros grandes en estos microorganismos, los cuales permiten al quitosano penetrar al interior de las células.

Finalmente, el último mecanismo señala la interacción selectiva del quitosano con trazas de metales, que pueden inhibir la producción de toxinas y el crecimiento microbiano (Sudarshan et al., citados por Lárez, 2008). Asimismo, este último autor señala la experiencia de Varma et al. las cuales concluyen que este polímero posee capacidad quelatante.

- Actividad fungicida

Se ha demostrado que el quitosano afecta el crecimiento micelial y causa severos daños en las hifas, provocando afectaciones morfológicas de las mismas (Xu et al., Singh et al., citados por Guerra-Sánchez et al., 2010). En tal sentido, según Laflame et al., citados por Quintana et al. (2010), observaron que el quitosano reduce el crecimiento radial en algunos hongos, afectando su morfología y ultraestructura. Por lo que, estos autores indican que el polímero produce afectaciones ultracelulares, producto del aumento de la vacuolación, contracción y alteración de la membrana plasmática, espesamiento o engrosamiento de la pared celular, e incluso agregación citoplasmática, siendo efectivo para el control del crecimiento radial in vivo de *Fusarium moniliforme*.

Continuando con la actividad fungicida del quitosano, esta se ve reducida cuando los hongos poseen este polímero en sus paredes celulares, lo que determina una reducción en la sensibilidad a las aplicaciones exógenas razonables de quitosano (Lárez, 2008).

Los estudios mencionados anteriormente, son muy importantes ya que permiten deducir los requerimientos para mejorar la efectividad del polímero en cuestión. Es por

ello, que Lárez (2008), menciona los resultados obtenidos por Liu et al. los cuales indican que el quitosano es mejor inhibidor de la germinación de *Penicillium expansum* que de *Botrytis cinerea*, contrariamente a lo que se observó en el crecimiento micelial de estas especies. Asimismo, otros estudios citados por Lárez (2008), como el caso de Palma-Guerrero et al., indican la efectividad mayor de quitosano sobre conidios, en relación a la hifas de algunos hongos fitopatógenos.

Investigaciones realizadas por Barka et al., citados por Lárez (2008) en *Botrytis cinerea*, observaron alteraciones citológicas en este agente cuando eran tratados con soluciones acuosas al 1.75% de quitosano.

La actividad biocida del quitosano sobre algunos fitopatógenos, se indican en trabajos realizados por Ben-Shalom et al., citados por Lárez (2008), los cuales mencionan el control de *Botrytis cinerea* en pepino mediante aplicaciones de quitosano.

Además, el quitosano puede inducir la acumulación de sustancias fungitóxicas en lugares de aplicación, de manera de construir una barrera que impide el flujo de nutrientes hacia el patógeno (Benhamou et al., El-Ghouth et al., citados por Lárez, 2008).

En el siguiente cuadro se resumen la capacidad inhibitoria del quitosano para algunos patógenos.

Cuadro 3: Acción del quitosano sobre algunos fitopatógenos

Patógeno	Efecto	Referencias
<i>Fusarium solani</i>	Mejóro la expresión de genes involucrados en la resistencia	Hadwiger y Loschke (1981)
<i>Fusarium spp.</i>	Interfirió en las funciones de la membrana plasmática	Leuba y Stossel (1986)
<i>B. cinerea</i> y <i>R. stolonifer</i>	Influye en el balance entre la biosíntesis y degradación de los componentes de la pared	El Ghaouth et al. (1992)
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Concentraciones del 2-3% tuvieron efecto fungicida	Bautista et al. (2003)
<i>Phytophthora capsici</i>	Penetró la membrana del patógeno y se unió al ADN y/o ARN	Xu et al. (2007)
<i>Phitium debaryanum</i>	Efecto positivo en semillas de lechuga infectadas	Kurzawinska (2007)

- Actividad antiviral

Existen varias investigaciones sobre la inhibición de enfermedades por virus y viroides producto del quitosano. Por consiguiente, según Pospieszny et al., citados por Lárez (2008), indican los efectos positivos sobre el control del virus del mosaico de alfalfa en hojas de frijoles, virus de la necrosis del tabaco, virus del mosaico de tabaco, virus del no crecimiento en maní, virus del mosaico del pepino y virus X de la papa.

Es importante mencionar, algunas observaciones acerca del control y prevención de enfermedades virales con quitosano. Según Lárez (2008), el quitosano tiene efecto sistémico, asimismo el tratamiento previo con quitosano reduce significativamente las infecciones virales en varias especies vegetales. Por otra parte, la eficacia de este polímero depende de la combinación virus/hospedero, la concentración de quitosano aplicado y la forma de aplicación.

- Estimulación del crecimiento

Se ha comprobado que el quitosano, estimula el crecimiento en varias especies (Bhaskara et al., citados por Lárez, 2008), en plantas florales (Wanichpongpan et al., citados por Lárez, 2007) y en plantas de cosecha (Chibu y Shibayama, citados por Lárez, 2008).

El origen del quitosano es muy importante, debido a que determina las propiedades fisicoquímicas de este y por ende sus efectos. En relación a esto, según Tolaimate et al., citados por Lárez (2008) mencionan que la quitina extraída de los camarones y cangrejos, tienen una estructura cristalográfica α , que le permite formar puentes de hidrogeno muy fuertes. En cambio, según este mismo autor, cuando el quitosano es extraído de las plumas del calamar, tiene una estructura β , y las fuerzas moleculares son más débiles. Por otra parte, Nge et al., citados por Lárez (2008), señala que el quitosano extraído de hongos, necesitan dosis menores para la inducción de la diferenciación de tejidos de plantas de orquídeas, que aquellos procedentes de camarones.

- Inducción de resistencia

En cuanto a la inducción de reacciones de defensa sobre algunas especies vegetales, se ha comprobado el efecto beneficioso del quitosano y/o quitina (Pearce y Ride, citados por Lárez, 2008).

Este polímero induce a las plantas a responder rápidamente al ataque de los patógenos, producto de fitoalexinas, proteínas relacionadas a la patogénesis, inhibidores

proteicos y ligninas, que son derivados de la quitina y el quitosano (Lárez, 2008). Por lo que se han propuestos diferentes mecanismos para explicar esta inducción, básicamente basados en inductores, algunos de ellos son la producción de quitinasas y glucanasas (Benhamou, citado por Lárez, 2008); la lignificación en hojas dañadas (Pearce y Ride, citados por Lárez, 2008) o intactas (Moerschbacher et al., citados por Lárez, 2008); producción de peróxido de hidrógeno (Lee et al., citados por Lárez, 2008) o la formación de fitoalexinas (Cote y Hahn, citados por Lárez, 2008).

De este modo, la actividad inductora del quitosano está ligada al grado de desacetilación, en tal sentido Lárez (2008) considera que puede ocurrir una interacción que afecta la integridad de la membrana plasmática, esta interacción es entre las cargas positivas del polication y los fosfolípidos cargados negativamente de la membrana plasmática de las plantas. Por lo que, Lárez (2008) indica que cuando el grado de acetilación disminuye, la actividad inductora aumenta, cabe destacar que esta actividad desaparece cuando el material está completamente desacetilado.

- Nematicida

El control de nematodos de suelo es conocido hace varios años, esto mecanismo se explica, dado que la quitina en el suelo estimula la proliferación de bacterias y hongos (actinomicetos) que se alimentan de ella. Luego de consumida esta quitina, los mismos se alimentan de la quitina de los nematodos y sus huevos (Rodriguez-Kabana et al., citados por Lárez, 2008). Un aspecto relevante en el uso de quitina para estos fines es la fitotoxicidad de estas, producto de la liberación de amonio durante la descomposición, para lo que una adecuada dosis es fundamental (Culbreath et al., citados por Lárez, 2008).

2.5.1.3 *Trichoderma harzianum* y quitosano

En cuanto a *Trichoderma harzianum* existen varias evidencias científicas sobre sus efectos en otros microorganismos y especies vegetales, tal como se menciona en los puntos anteriores. Además se puede mencionar los resultados observados recientemente por Rossi (2010), estos indican que este agente de biocontrol provocó cambios hormonales en algunos plantines de *Eucalyptus dunnii* produciendo malformaciones a nivel de la base de las raíces. Finalmente Rossi (2010) demostró que los plantines con *Trichoderma harzianum* fueron superiores, en diámetro y altura del plantín, 31.6% y 11.3%, respectivamente, con respecto a aquellos plantines que no fueron inoculados con este agente.

Otras investigación relacionadas a esta temática, fueron realizadas por Guédes et al. (2010) en *Citrus sinensis*, en la cual compararon el efecto de *Trichoderma harzianum* y quitosano por separados. Estos investigadores, encontraron que

Trichoderma harzianum fue más efectivo en el control de los hongos (*Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum*, *Colletotrichum gloeosporioides* y *Cldosporium herbarum*) en relación al quitosano.

Existen tres aspectos básicos por los cuales el quitosano actúa como mediador, en la inducción de la respuesta bioquímica de defensa de las plantas (Hernández-Lauzardo et al., 2005). Uno de estos es dado por las hidrolasas antifúngicas, las cuales son quitinasas y β 1-3 glucanasas que están directamente relacionadas con la resistencia contra patógenos en plantas. Las investigaciones realizadas por Arlorio et al., citados por Hernández-Lauzardo et al. (2005), en *Pisum sativum*, evidenciaron un efecto negativo a nivel estructural y ultraestructural sobre el crecimiento de *Trichoerma longibrachiatum* Rifai.

2.6 TRICHOSOIL®

Este es un producto comercial, obtenido a partir del programa de investigación y desarrollo de productos biológicos de Lage y Cía. S.A según lo indica en el sitio web de dicho Laboratorio, trichosoil® esta formulado en base a una cepa de *Trichoderma harzianum* aislada de nuestro país.

Según la Lista de Productos Fitosanitarios Autorizados del MGAP al 15/1/2012 este producto es de origen uruguayo, y está registrado con el número 3087 como fungicida en polvo seco, cuya toxicidad es IV.

El agente de control biológico representa una herramienta para ser utilizada en el manejo integrado. Posee una amplia actividad antifúngica contra patógenos de suelo, semillas y foliares, de modo que trichosoil® detiene el crecimiento del micelio del patógeno y también las estructuras de resistencia de los agentes patogénicos, como los esclerotos, donde los productos químicos no son efectivos.

La formulación de este producto según Lage y Cia S.A es, 58.8% es *Trichoderma harzianum* (cepa L1) y el resto es material inerte.

2.7 BIOREND®

Según la ficha técnica de este producto obtenida en el sitio web de Bioagro S.A (Chile) el ingrediente activo de este producto comercial es el quitosano, y su concentración es del 2.5%. Es un derivado de la quitina y se obtiene a partir de los caparazones de centolla y centollón en la XII región de Chile.

Este producto es de origen chileno, según la lista de productos fitosanitarios autorizados del MGAP al 15/1/2012 este producto es un concentrado soluble el cual está registrado con el número 3032, como regulador de fertilizante cuya toxicidad es IV.

Biorend actúa estimulando los mecanismos naturales de defensa de las plantas. De modo, que los principales efectos son como, bioestimulante, resistencia sistémica adquirida, fungistático, protección de raíces y control natural de nematodos fitoparásitos, así como también la protección de enfermedades aéreas.

El ingrediente activo, según la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos está aprobado como biopesticida, regulador del crecimiento de las plantas y herbicidas agrícolas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

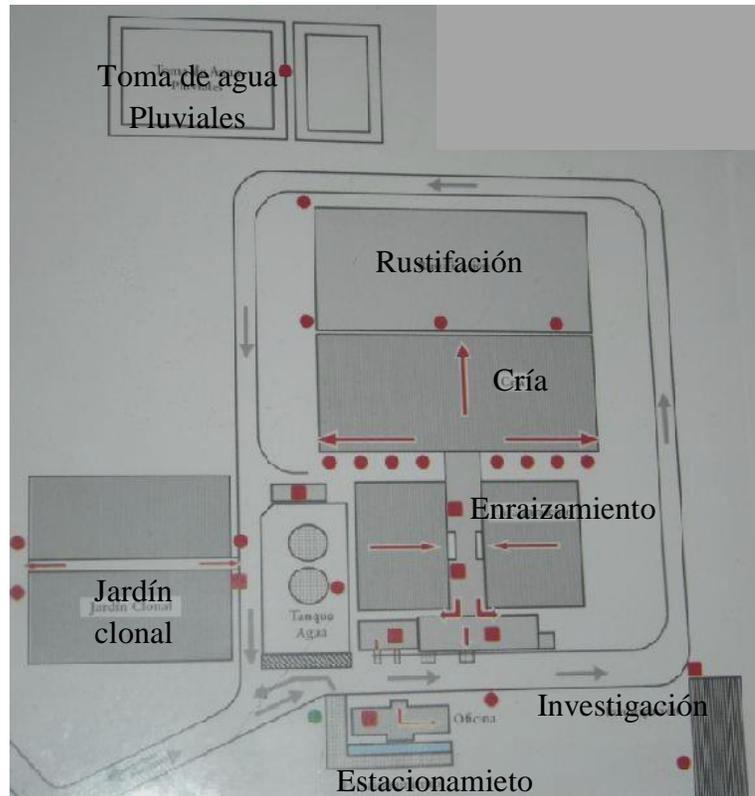
El ensayo consistió en dos etapas desarrolladas en el departamento de Tacuarembó. La primera fue llevada a cabo en el vivero de la empresa Weyerhaeuser S.A, mientras que en la segunda se estableció un ensayo en plantación, propiedad de GMO-Cloverly.

Figura 2: Ubicación del vivero y el ensayo en plantación



El ensayo se realizó en el vivero de Weyerhaeuser S.A el cual tiene un diseño sudafricano, que consiste en una estructura metálica cubierta con plástico. Su capacidad es de aproximadamente 3.000.000 plantas anuales en dos períodos, ocupando una superficie total de 10.000 m². El área de rusificación tiene una capacidad de 1.800.000 plantas, la estructura de dicha área consiste en mesas de madera y cobertura con tejido de sombra.

Figura 3: Mapa del vivero



Esta investigación se realizó precisamente en las fases de cría y rusificación. El área de cría posee una superficie total aproximada de 3.500 m², conformados por 9 naves de 40 m x 9.60 m. Cada una de esta cuenta con una estructura, diseño y tecnología que permiten regular las condiciones ambientales a lo largo del proceso de producción.

Esta etapa de la investigación se desarrolla en el período comprendido entre los meses de junio y octubre de 2011, en la misma se realizaron mediciones de parámetros morfológicos y observaciones para determinar aspectos sanitarios de los cinco híbridos de *Eucalyptus grandis*. Los híbridos evaluados, fueron E. grandis x E. urophylla (GU8), E. grandis x E. tereticornis (GT529) y E. grandis x E. camaldulensis (GC513, GC514 y GC172).

Figura 4: Fotos de las instalaciones del vivero



Las fotografías observadas anteriormente, corresponden a las instalaciones del invernáculo de cría (A) y la zona de rustificación (B), perteneciente a la empresa Weyerhaeuser S.A.

3.1.1 Producción de plantines

El ciclo de producción de plantines mediante la técnica de macrorpropagación desarrollada en este vivero, consiste en generar un ambiente adecuado para favorecer el crecimiento de los plantines. Luego los plantines son llevados a condiciones similares a la de plantación, en una zona denominada rustificación, la cual cuenta con una superficie impermeable y esta protegida por una tela de media sombra.

En el vivero donde se llevó a cabo parte de la investigación, el ciclo productivo de los híbridos utilizados tuvo una duración aproximada de 30 semanas. Este proceso productivo comprende las siguientes fases:

Jardín clonal: en este jardín se encuentran las plantas madres de los híbridos utilizados, las cuales conforman el material base de propagación. Es decir, de estas se obtienen las estacas de aproximadamente 10-15 cm con dos nudos, para su posterior enraizamiento. Las estacas de los diversos híbridos, para esta investigación, se obtuvieron a lo largo del mes de febrero.

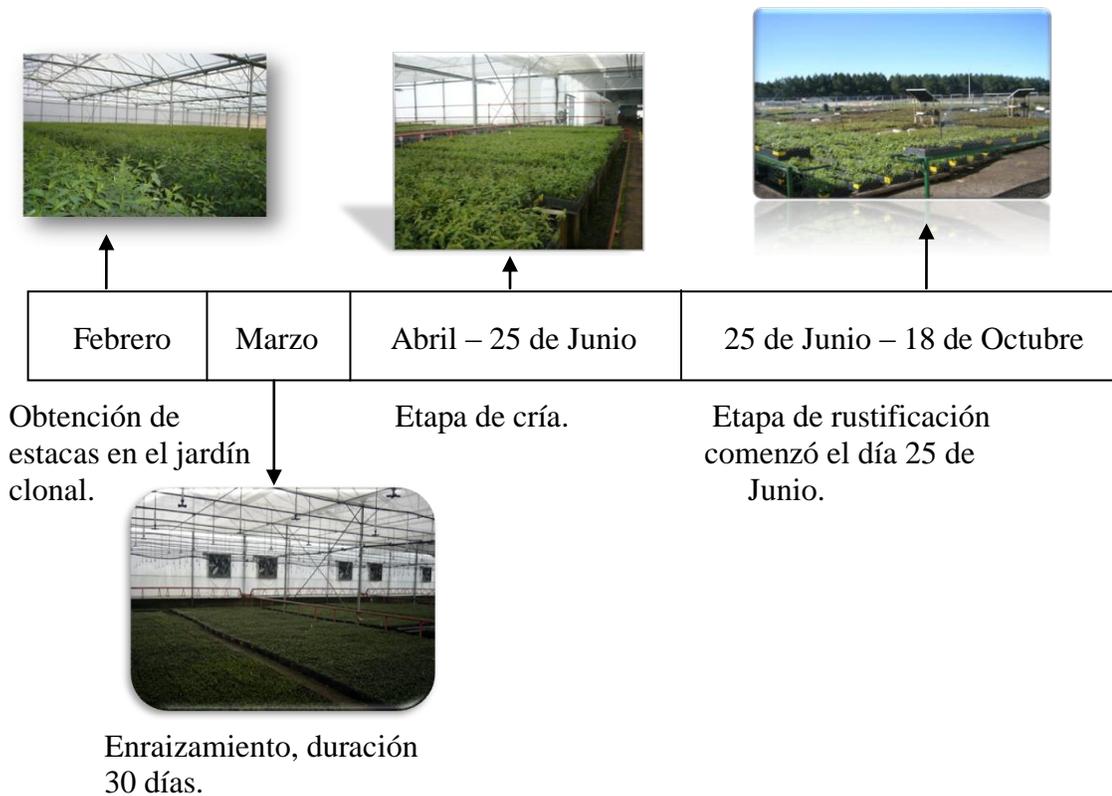
Enraizamiento: está fue llevada a cabo en la nave de enraizamiento, por un período aproximado de 30 días.

Cría: la misma tuvo una duración aproximada de 3 meses, es decir, el período comprendido desde el inicio del mes de abril hasta fines del mes de junio. Esta fase está comprendida por una serie de clasificaciones, la primera se realizó transcurrida la primera semana, a los efectos de obtener una estaca enraizada y con brotación. Cabe destacar que las que carecen de raíz son eliminadas. Asimismo, aquellas que no

presentan brotación permanecen una semana más, para posteriormente ser reclasificadas con el objetivo de lograr la brotación de las estacas. De esta manera, a los 15 días aproximadamente se obtienen estacas enraizadas y con brotación, comenzando en este momento las primeras mediciones de esta investigación.

Rustificación: la misma tuvo un lapso aproximado de tres meses y medio, los cuales transcurrieron desde fines del mes de junio hasta mediados del mes de octubre.

Figura 5: Secuencia de producción de *E. grandis*



Cabe destacar que el período de rustificación fue extenso, debido a la dificultad para conseguir el sitio para la plantación del ensayo.

3.1.1.1 Trichosoil y biorend

A continuación se presentan las aplicaciones de ambos productos comerciales, desde el inicio del proceso de producción de plantines en vivero.

Cuadro 4: Aplicaciones de trichosoil y biorend

Fases	Aplicaciones	litros/aplicación
Jardín clonal	1	40
Enraizamiento	8	20
Cría	40	40
Rustificación	1	15

La dosis aplicada fue de 52 gramos de trichosoil[®] por litro de agua, y 60 cc. de biorend[®] por litro de agua, en todas las fases. Cabe mencionar que al final de la fase rustificación, la totalidad de plantines se separaron en dos lotes. Cada uno de estos, representados por igual número de plantines, representados por todos los híbridos evaluados. De modo de obtener dos tratamientos, uno sin aplicación de estos productos comerciales, como ocurre en el manejo tradicional de este vivero. Mientras que la otra mitad recibió una dosis extra de trichosoil[®] y biorend[®] (mencionada en el cuadro anterior), los cuales se utilizaron en la etapa siguiente de esta investigación (es decir, en plantación). De esta manera, previo a plantación, se obtuvieron diez tratamientos, conformados por híbridos con dosis extra de trichosoil[®] y biorend[®] y híbridos sin dicha dosis (i.e: GC514 con y GC514 sin).

3.1.1.2 Sustrato y bandejas

El sustrato utilizado está constituido por 80% de corteza de pino compostada y 20% de turba rubia.

Con respecto a las bandejas utilizadas en la fase de cría, las mismas están constituidas por 150 cavidades de pvc, las cuales contienen tubetes de sección circular con una capacidad aproximada de 96 cm³. A los efectos de mejorar la aireación y las condiciones para el desarrollo vegetal, se utilizaron al 50% de su capacidad, es decir, 75 cavidades.

En relación a las bandejas utilizadas en la fase de rustificación, las mismas contienen 126 cavidades, construidas de tergopor, en las cuales se utilizaron al 100% de capacidad.

3.1.1.3 Riego

El riego empleado en este vivero se basa en un sistema de aspersión, el cual permite una adecuada distribución del agua, además puede ser vehículo de fertilizantes, insecticidas o fungicidas.

El estado de desarrollo de los plantines es muy importante dado que determina la aplicación de riego, aunque en ocasiones se busca que el sustrato permanezca húmedo.

3.1.1.4 Fertilización

Las fertilizaciones se realizan de manera conjunta con el riego, y las dosis de los fertilizantes varían en función de las exigencias de los plantines. En todos los casos, se pretende un buen desarrollo radical y aéreo, para lo cual el agregado de nutrientes al sistema planta-sustrato-microorganismo es fundamental.

Cuadro 5: Programa de fertilización en vivero

Fases	Aplicaciones	Fertilizantes*
Jardín clonal	1	18-18-18 + KCl + 0-52-34
Enraizamiento	12	Mn, Fe, Cu, Zn, B, Mo, MgO y S
Cría	60	18-18-18 + 0-52-34
Rustificación	28	KCl + 0-52-34

(*) Concentraciones expresadas en porcentaje en sus equivalentes a N: N total, P: P₂O₅, K: K₂O.

El programa de fertilización es un aspecto muy importante desde el ciclo del plantín, debido a que la supervivencia de *Trichoderma spp.* va a depender del nivel de elementos nutritivos en el sustrato. Cabe mencionar que este agente no solo va a competir por nutrientes con otros patógenos, sino que también con la planta. Es por ello, que el manejo de la fertilización es fundamental para disminuir la posibilidad de que existan deficiencias nutricionales en los plantines.

3.1.2 Diseño experimental

En la etapa de vivero de esta investigación se realizó, un diseño completo al azar con un submuestreo de cinco diferentes híbridos de *Eucalyptus grandis*, obteniéndose al azar cinco bandejas de cada uno de los tratamientos.

Cuadro 6: Tratamientos en la etapa de vivero

GU8	E. grandis x E. urophylla
GT529	E. grandis x E. tereticornis
GC513	E. grandis x E. camaldulensis
GC514	E. grandis x E. camaldulensis
GC172	E. grandis x E. camaldulensis

En esta primera etapa del ensayo, cada una de las bandejas constituye la unidad experimental, las mismas estaban conformadas por 75 plantines cada una. De esta manera, se trabajó con un total de 25 bandejas. Es importante señalar que se partió de un total aproximado de 15 a 30 bandejas de cada uno de los híbridos evaluados, a partir de las cuales se seleccionaron las muestras.

Los parámetros medidos fueron, altura del plantín y diámetro de cuello, tanto en la fase de cría (junio), como en la fase final de rustificación (octubre).

A su vez se obtuvieron al azar 10 plantines de cada híbrido en la fase de cría (17 de junio de 2011), los cuales no pertenecían a este experimento. Los plantines de cada híbrido se juntaron, para determinar en el laboratorio su peso fresco y seco, de parte aérea y radicular.

La única variable entre los cinco tratamientos fueron los híbridos, ya que el manejo durante el proceso de producción de plantines fue igual. Por lo que el programa de fertilización, de riego, y demás aplicaciones fue igual para todos los tratamientos. Asimismo, se trabajó con datos faltantes debido a que existieron plantas muertas a lo largo del período de evaluación.

Luego de obtener los datos se analizaron con un software R Development Core Team, a los efectos de determinar las principales diferencias significativas entre los tratamientos.

A continuación se presenta el modelo utilizado en esta etapa de la investigación:

$$\text{Modelo: } Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \delta_{ijk} + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ijk} = variables aleatorias en estudio: altura del plantín (cm) y diámetro de cuello (mm)

μ media poblacional

α_i efecto del i -ésimo tratamiento

δ_{ijk} error de submuestreo

ε_{ij} error experimental (residual) asociado al i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición

Las hipótesis estadísticas de interés a probar son:

La hipótesis nula, considera que los plantines que conforman cada uno de los híbridos evaluados, son iguales para las variables, diámetro de cuello y altura de los plantines, en la fase de cría y en rustificación. O sea evaluar si no hay diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los diferentes tratamientos, para cada variable evaluada y en un momento determinado.

$$H_0 = \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5$$

La hipótesis alterna, establece que los plantines que conforman cada uno de los híbridos evaluados, presentan alguna diferencia en cuanto a los parámetros medidos en las fases evaluadas. Es decir, determinar, si realmente hay diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los diferentes tratamientos, para cada variable evaluada, en un momento determinado.

$$H_a = \alpha_1 \neq \alpha_2 \neq \alpha_3 \neq \alpha_4 \neq \alpha_5$$

Se realizó un análisis de varianza (ANAVA), utilizándose como criterio de decisión “p” valor, rechazándose la hipótesis nula con “p” valor menor a 0.05 (nivel de significancia).

3.1.3 Mediciones realizadas

Las mediciones fueron realizadas a todos los plantines, presentes en cada una de las bandejas seleccionadas de los híbridos evaluados. Estas se realizaron en dos momentos durante el año 2011, la primera fue el día 17 de junio en la fase de cría. Mientras que la segunda medición se realizó el día 3 de octubre a en la fase de rustificación. Los parámetros morfológicos medidos fueron, altura de plantín, para lo cual se utilizó una regla milimetrada, mientras que para el diámetro de cuello se empleo un calibre.

Asimismo se realizaron observaciones para determinar el estado sanitario de los plantines, ante condiciones ambientales desfavorables para el desarrollo de los plantines.

Por otra parte, se determinó el peso seco y peso fresco, tanto de parte aérea y radicular. Estas mediciones fueron realizadas en el Laboratorio del Departamento Forestal y Tecnología de la Madera, de Facultad de Agronomía.

3.2 ETAPA DE CAMPO

Esta segunda etapa se desarrolló en el predio de GMO-Cloverly, ubicado en la 4ta. seccional policial del departamento de Tacuarembó. El acceso a dicho predio se ubica sobre la ruta nacional No. 5 km 414, entrando por un camino vecinal en dirección este. Asimismo se puede acceder por la ruta nacional No. 26, a la altura del km 265 aproximadamente, en sentido norte por un camino vecinal.

La implantación del ensayo se realizó el día 18 de octubre de 2011, siguiendo las normas de plantación de GMO-Cloverly. El mismo se estableció a un espaciamiento de 2.2 x 5.5 m; posteriormente se realizaron diferentes operaciones forestales según el calendario de dicha empresa.

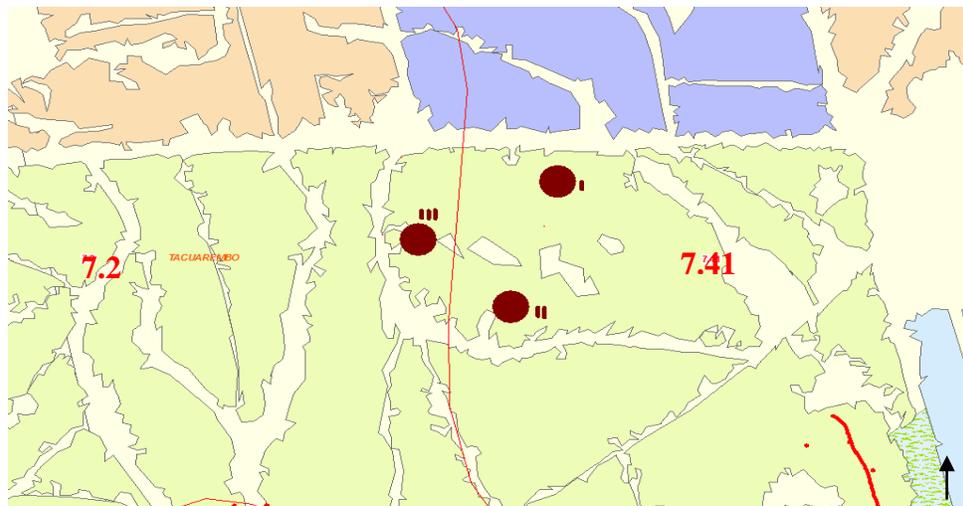
Finalmente a los dos meses aproximadamente, es decir, el día 22 de diciembre de 2011, se determinó la supervivencia y los aspectos sanitarios de los plantines.

3.2.1 Características del sitio de plantación

Los suelos presentes en el ensayo pertenecen al Grupo 7, los cuales son de prioridad forestal. En general estos grupos (salvo los grupos 7.1 y 7.2) son profundos y muy pobres, incluso pueden presentar toxicidad por aluminio; cabe mencionar que su Índice de Productividad promedio de 67.

Más precisamente los grupos de suelos Coneat presentes en el área del ensayo son 7.41 y 7.2. El primer grupo Coneat se ubica en la margen derecha del Río Tacuarembó, entre Tranqueras y Laureles, y en zonas más pequeñas del departamento de Tacuarembó. En cuanto a su relieve, lomadas fuertes y pendientes de 4 a 8%. Los suelos dominantes son Acrisoles Oricos Típicos/Albicos muy profundos, su drenaje es imperfecto y la fertilidad es extremadamente baja. Por otra parte, los suelos del grupo Coneat 7.2 se localizan en toda el área de areniscas de Tacuarembó, principalmente en las zonas más fuertes. El relieve lo forman colinas sedimentarias no rocosas con pendientes de 10 al 15%. Los suelos dominantes son Inceptisoles Melánicos/Úmbricos moderadamente profundos, de fertilidad muy baja y bien drenados. Asociados se encuentran Luvisoles Oricos/Melánicos Abrupticos/Típicos, muy profundos, bien drenados y fertilidad muy baja.

Figura 6: Grupos de suelos Coneat en el área de estudio



Según la carta de aptitud de uso de suelos, el área del ensayo es cultivable en condiciones especiales, siendo tierras aptas para forestación, pasturas y cultivos agrícolas especiales.

Asimismo, se presenta un análisis de suelo realizado por el laboratorio de análisis de suelos, plantas y aguas de la estación experimental Alberto Boerger, del INIA ubicada en el departamento de Colonia.

Cuadro 7: Análisis de suelo

Grupo	pH	C.Org	Bray I	K	Zn	B	S-SO4	Al
Coneat	(H ₂ O)	%	µg P/g	meq/100g	mg/kg	mg/kg	µg S/g	meq/100g
7.41	4.7	1.06	5.9	0.18	0.42	0.32	1.1	1.1
7.2	5.2	0.79	3.5	0.14	0.59	0.22	2.1	0.4

Finalmente, la historia del uso del suelo, por lo que en este sitio, anteriormente un rodal de *Pinus taeda* implantado en el año 1994.

3.2.2 Calendario de operaciones

Las primeras actividades llevadas a cabo en el sitio donde se estableció el ensayo, tuvieron como objetivo preparar el terreno para la repoblación forestal con los híbridos de *Eucalyptus grandis* utilizados en esta investigación.

Las actividades comenzaron luego de la cosecha del cultivo anterior en el invierno del año 2010. Primeramente se realizó un control de hormigas con el método sistemático, durante los meses de marzo y abril del año 2011. Cabe destacar que este método consiste en la aplicación en el piso de cebo tóxico (insecticida), según una trama definida.

Posteriormente en el mes de mayo del mismo año, se realizó un laboreo primario en la entre-fila a una distancia entre surcos de 5.5 m, para lo cual se utilizó un skidder y un implemento llamado Savannah. Dicho laboreo, tuvo varios objetivos, aumentar la relación macro/microporos, aumentar la capacidad de almacenamiento de agua, aumentar la infiltración, reducir el escurrimiento superficial y la vegetación remanente, así como también lograr un adecuado tratamiento de residuos del cultivo anterior.

En el período comprendido entre el 3 y el 9 de octubre del mismo año se realizó un control químico de malezas con herbicidas, pre y post-emergente en la fila de plantación, el cual tuvo como objetivo controlar la competencia.

Finalmente se comenzó la plantación manual siguiendo las instrucciones de trabajo para plantación, según el manual de campo de GMO-Cloverly. De esta manera, el martes 18 de octubre se plantó el ensayo con un espaciamiento de 2.2 x 5.5 m, con el objetivo de lograr una densidad de 826 plantas/ha.

Luego de implantado el ensayo, más precisamente el 14 de noviembre de 2011, se aplicó de manera manual un fertilizante 10-(35-35)-7, 3 S, 0.5 B, 0,3 Zn, a una dosis de 129 gr/planta, colocándose a 15 – 20 cm de la planta, a una profundidad de 10 cm. Asimismo junto a esta aplicación se realizó un control químico de maleza con herbicidas post-emergentes, en la entre fila. Finalmente el día 5 de diciembre del mismo año, es decir a los 48 días post-plantación, se realizó otro control químico de maleza, con herbicidas pre y post-emergentes, en la entre-fila de plantación.

3.2.3 Condiciones ambientales durante el ensayo

El ambiente es uno de los factores claves en el desarrollo de las enfermedades de las plantas causadas por patógenos. Por lo cual se presentan datos de temperaturas medias, precipitaciones medias y las condiciones edáficas dado que estos son factores importantes en la generación del microclima. Estos factores inciden en el sistema planta-microorganismo-ambiente lo que determina las condiciones para el crecimiento y desarrollo de los plantines en el campo.

Cuadro 8: Temperaturas y precipitaciones

Mes	Lluvias totales (mm)	T.máx. prom. (°C)	T.mín. prom. (°C)
Octubre	130	18.7	14.3
Noviembre	100	21	17
Diciembre	25	23.7	20

3.2.4 Diseño experimental

En esta etapa de la investigación se realizó un diseño de bloques completos al azar, a los efectos de estudiar la respuesta, de cinco híbridos de *Eucalyptus grandis*, a la aplicación de una dosis extra de trichosoil® (52 g/litros de agua) y biorend® (60 cz./litros agua) previo a plantación. Se instalaron, tres bloques de manera de reducir las variaciones edafoclimáticas observadas (30 unidades experimentales en total). Dentro de cada bloque los tratamientos fueron asignados de manera aleatoria e independiente.

Cuadro 9: Tratamientos en la etapa de plantación

GU8 con	E. grandis x E. urophylla
GU8 sin	
GC172 con	E. grandis x E. camaldulensis
GC 172 sin	
GC514 con	
GC514 sin	
GC 513 con	
GC513 sin	
GT529 con	E. grandis x E. tereticornis
GT529 sin	

En cuanto a las características de cada bloque, estos cuentan con diez unidades experimentales (fajas laboreadas), estas a su vez están constituidas por 32 plantines, siguiendo el marco de plantación. Cabe mencionar que el número de plantines fue restringido producto del largo de la faja laboreada, de modo que no se utilizó la totalidad de plantines obtenidos en la etapa de vivero.

Figura 7: Croquis del diseño experimental

BLOQUE 1 (ladera media)	GC172 sin tratamiento
	GC514 con tratamiento
	GU8 con tratamiento
	GT529 con tratamiento
	GU8 sin tratamiento
	GC514 sin tratamiento
	GC172 con tratamiento
	GC513 sin tratamiento
	GT529 sin tratamiento
	GC513 con tratamiento
BLOQUE 2 (ladera alta)	GC514 con tratamiento
	GT529 con tratamiento
	GT529 sin tratamiento
	GC172 con tratamiento
	GC172 sin tratamiento
	GU8 sin tratamiento
	GC513 sin tratamiento
	GC514 sin tratamiento
	GU8 con tratamiento
	GC513 con tratamiento
BLOQUE 3 (ladera baja)	GT529 sin tratamiento
	GC513 con tratamiento
	GC172 sin tratamiento
	GU8 sin tratamiento
	GC514 sin tratamiento
	GC172 con tratamiento
	GC514 con tratamiento
	GU8 con tratamiento
	GC513 sin tratamiento
	GT529 con tratamiento

A continuación se presenta el modelo experimental utilizado en esta etapa de la investigación.

$$\text{Modelo: } Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \lambda_j + (\alpha_i * \lambda_j) + \beta_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Y_{ij} variable binomial (supervivencia)

μ media poblacional

α_i efecto del i - ésimo híbrido

λ_k efecto del i - ésimo manejo (con y sin dosis extra de trichosoil[®] y biorend[®])

$(\alpha_i * \lambda_j)$ interacción entre el híbrido y el manejo

β_j efecto del j - ésimo bloque

ε_{ijk} error experimental (residual) asociado al i - ésimo tratamiento en la j - ésima repetición

El análisis de los datos se realizó mediante un modelo lineal generalizado asumiendo una distribución binomial de la variable aleatoria, realizándose un prueba de razón de verosimilitud.

3.2.5 Evaluación realizada

En cada unidad experimental se realizó un conteo del número de plantines vivos y no vivos, cuantificando de esta forma la supervivencia a campo. Paralelamente se realizaron observaciones generales, a los efectos de determinar de modo general el estado sanitario de los plantines.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La metodología empleada para evaluar los resultados se basó en la utilización de un software R Development Core Team. De esta manera se trazaron diferentes hipótesis biológicas y estadísticas en las diferentes etapas de esta investigación, a los efectos de aceptar o rechazar cada una de estas según corresponda en cada caso.

Para las evaluaciones realizadas en la etapa de vivero, se utilizaron datos de la primera medición en la fase de cría, y de la segunda medición en la fase de rusticación. Asimismo en la fase de cría, en condiciones ambientales desfavorable para el desarrollo y el crecimiento de los plantines, se realizó una evaluación del estado sanitario.

En lo referente a las evaluaciones realizadas en la etapa de campo, se analizaron los datos obtenidos en la única evaluación realizada a los 2 meses de implantado el ensayo.

4.1 VIVERO

Tal como se menciona en la revisión bibliográfica, existen evidencias científicas de los beneficios del manejo integrado de plagas en vivero y en plantación. Principalmente cuando la estrategia se basa en el control biológico, mediante la utilización de *Trichoderma harzianum* y quitosano.

Además, según Cabrera y Tejera (2002) la etapa de vivero es clave a la hora de determinar los parámetros que definen la calidad de plantín, y la importancia que ello implica.

En tal sentido, se evalúa si existen diferencias significativas entre los híbridos de *Eucalyptus grandis*. Estas diferencias, para los parámetros evaluados en ambos momentos, serían explicado principalmente por el valor genético de cada uno de los híbridos utilizados. Los parámetros morfológicos considerados fueron, altura de la planta y diámetro de cuello, los cuales se analizaron de manera separada. Asimismo se determina si existen diferencias significativas para estos parámetros morfológicos, durante el período comprendido entre las mediciones realizadas; o sea el crecimiento obtenido durante dicho período. Además se cuantifico la supervivencia durante este lapso de tiempo.

Por otra parte, en la fase de cría se evalúa, el estado sanitario, y se determina el peso fresco y seco, de la parte aérea y radicular de los plantines.

El ensayo instalado en el vivero, tiene ciertas limitantes que son importantes a la hora de la interpretación y discusión de los resultados. En primer lugar, las fechas en que se realizó la obtención de estacas fueron en diferentes semanas del mes de febrero de 2011. De esta manera, las estacas que se colocaron en las bandejas corresponden a la misma semana del mes de febrero, por lo cual cada bandeja es homogénea con respecto a su edad. Por consiguiente, cada una de las bandejas que componen los híbridos es diferente en relación a su edad. Lo que resultó en determinar el mes de febrero de 2011 como mes de referencia, para la obtención de estacas. En segundo lugar, el sorteo de las bandejas de los diferentes híbridos, permanecieron juntas y ordenadas durante el período de evaluación. Estas limitantes están explicadas por varios motivos operativos del vivero que fueron determinantes, a los efectos de proceder esta manera.

4.1.1 Altura de la planta

Este parámetro es uno de los más fácil de medir, pero su importancia como indicador de calidad de planta ha sido discutida por diversos autores, debido a que por encima de un valor mínimo de altura las condiciones ambientales generadas en el vivero podrían inferir en la expresión de este parámetro (Ruano, 2008). En tal sentido, las investigaciones realizadas por García (2007) demostraron que este parámetro presenta una mayor variabilidad, por lo cual su confiabilidad es cuestionada.

Continuando con esta línea de trabajo, en esta investigación se evalúa la respuesta de cinco híbridos al manejo integrado mediante la variable altura, en las fases de cría y rustificación. Los resultados muestran diferencias significativas entre los híbridos ($p < 0.05$) para ambas fases. De esta manera se realizó una prueba de comparación múltiple (prueba de tukey) para la variable en cuestión, a los efectos de determinar un ranking de cuáles de los híbridos muestra mejor desempeño. En el caso de la fase de cría, la prueba de comparación múltiple presentada en el cuadro 9, muestra que no existen diferencias significativas para las alturas medias entre los híbridos, GC172, GC514, GC513 y GT529. Desde el punto de vista estadístico, para la variable alturas medias, existen diferencias significativas entre este primer grupo de híbridos (GC172, GC514, GC513 y GT529) y el híbrido GU8.

A continuación se presentan los resultados de ambas pruebas de comparación múltiple para la variable altura, con letras se muestran los resultados de la prueba tukey a nivel de significancia 0.05.

Cuadro 10: Prueba tukey para la variable altura en la fase de cría

HÍBRIDOS	MEDIAS (cm)	
GC172	19.47	a
GC514	19.30	a
GC513	18.89	a
GT529	18.10	a
GU8	13.28	b

Cuadro 11: Prueba tukey para la variable altura en la fase de rustificación

HÍBRIDOS	MEDIAS(cm)	
GC513	31.02	a
GC172	28.60	ab
GT529	28.52	ab
GC514	27.7	b
GU8	23.85	c

Los resultados obtenidos en la fase de rustificación muestran que estadísticamente los híbridos GC513, GC172 y GT529 no tienen diferencias significativas entre ellos, para esta variable en rustificación. Sin embargo para el híbrido GC514 no existen diferencias significativas con respecto a los híbridos GC172 y GC529, pero si existe diferencia significativa de estos, con respecto al híbrido GC513. Asimismo el híbrido GU8, presenta diferencias significativas con respecto a la altura media, comparado con lo demás híbridos, siendo este híbrido inferior para esta variable.

Estas diferencias observadas podrían explicarse principalmente por la superioridad genética de algunos híbridos, con respecto al híbrido GU8.

Si bien el híbrido GU8 mostró la menor respuesta con este manejo integrado, podría estar explicado además por diversos factores que influyen en el valor de esta variable. Estas podrían deberse al lugar físico que ocuparon en el vivero durante el ensayo, lo cual provocaría diferentes condiciones de luminosidad, temperatura, aireación y humedad que incidieron de manera negativa en el híbrido GU8 en relación a los demás.

Por otra parte, la composición de bandejas que integran cada híbrido evaluado podría ser diferente en cuanto su edad, esto repercutiría en el valor de esta variable.

Las diferencias observadas en el valor de la altura de los diferentes híbridos es más importante en la etapa de rustificación, debido a que esta es la última etapa del proceso de producción de plantines. Si bien este parámetro presenta ciertas limitaciones como se menciona anteriormente. Según Cleary, citado por García (2007) el tamaño inicial del plantín podría estar relacionado con el desempeño a campo. Por lo cual aquellos híbridos que alcanzaron mayor altura en rustificación, en situaciones de competencia con malezas, estos presentarían ventajas con respecto a lo de menor altura, es decir, lograrían mayor supervivencia y crecimiento a campo.

4.1.2 Diámetro de cuello

Otro de los parámetros morfológicos que definen la calidad del plantín, tal como se mencionó en la revisión bibliográfica, es el diámetro de cuello, el cual fue evaluado producto de su importancia y facilidad de medición.

Según Thompson, citado por García (2007) el diámetro de cuello es un buen predictor del comportamiento del plantín en plantación, en relación al crecimiento y la supervivencia. Asimismo Schmidt, citado por Coppola et al. (2000) comprobaron que el diámetro de cuello estaba correlacionado positivamente con la supervivencia y la productividad del plantín a campo.

El mejor desempeño de los plantines con mayor diámetro de cuello a campo, estaría explicado por una mayor resistencia al desdoblamiento y tolerancia a daños de agentes bióticos (INFAP, citados por Coppola et al., 2000).

En la fase de cría de esta investigación no se evidenciaron diferencias significativas para esta variable ($p > 0.05$). Esto podría estar explicado por varias razones, tanto genéticas como ambientales que incidieron en el valor de esta variable.

Contrariamente en la fase de rustificación, existieron diferencias significativas entre los híbridos para la variable considerada, tal como se muestra en el cuadro 12.

Cuadro 12: Prueba de tukey para la variable diámetro de cuello en la fase de rustificación

HÍBRIDOS	MEDIAS (mm)	
GC172	4.14	a
GC513	3.82	b
GT529	3.82	b
GU8	3.81	b
GC514	3.49	c

De esta manera, según los resultados de la prueba de tukey a un nivel de significancia de 0.05, existen diferencias significativas entre el híbrido GC172 y los demás híbridos evaluados. Por lo tanto para la variable diámetro de cuello, en la fase de rustificación, el híbrido que mostró mejor desempeño fue GC172. Mientras que el híbrido de menor respuesta fue el híbrido GC 514. Cabe mencionar que entre los híbridos GC513, GT529 y GU8 no existen diferencias significativas, para esta variable, en dicha fase.

4.1.3 Período comprendido entre la fase de cría-rustificación

En esta parte de la investigación se evaluó el crecimiento de los diferentes híbridos, evaluando los parámetros altura de plantín y diámetro de cuello por separados.

Para determinar las diferencias entre cada variable se utilizó la fórmula diferencia = valor del parámetro final – valor del parámetro inicial, expresada en centímetros. Esta diferencia, fue alcanzada en el lapso aproximado de 3 meses.

Con respecto a las variables altura y diámetro de cuello, mediante el análisis estadístico se determinó que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$). De esta manera los híbridos crecieron igual en términos absolutos, para estos parámetros morfológicos.

4.1.4 Supervivencia

Se determinó que no existen diferencias significativas entre los híbridos, para esta variable ($p>0.05$), por lo cual la supervivencia en el período de evaluación no fue diferente. Esto podría estar indicando que los diferentes híbridos evaluados responden positivamente al manejo integrado en el período considerado, es decir entre la fase de cría y el inicio de rustificación.

4.1.5 Evaluación de calidad vegetal ante condiciones de estrés

En un vivero forestal se genera un microclima particular, que en ocasiones expone a los plantines a diversas enfermedades. Dadas estas condiciones desfavorables para el desarrollo y crecimiento de los plantines, se determinó la prevalencia de enfermedades presentes en la fase de cría (junio).

La enfermedad causada por *Botrytis cinerea* es una de las más importantes debido a la gran pérdida de producción que conlleva su presencia. Otra patología observada fue producida por *Cylindrocladium spp.* Según FAO (2006), esta última patología perjudica el crecimiento de los plantines, debido a que provoca una disminución de la capacidad fotosintética, provocando un descenso en la producción de materia seca.

De esta manera se determina la prevalencia definida por Fernández et al. (2004) como la relación entre el número de plantines enfermos en un momento dado y el total de la población en un momento determinado (fase de cría).

Cuadro 13: Incidencia de enfermedades en fase de cría

Híbridos	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Cylindrocladium spp.</i>
GT529	7	15
GC172	14	15
GC514	7	147
GU8	1	4
GC513	2	3

A partir de este cuadro se puede visualizar que parecería ser más importante la enfermedad causada por *Cylindrocladium spp.* en relación a *Botrytis cinerea*. En el caso de *Cylindrocladium spp.* su prevalencia fue de aproximadamente 40%, debido que para esta etapa se contaba con un total de 775 plantines de este híbrido. En relación a la incidencia de este agente, el híbrido más afectado fue el GC514, principalmente podría estar explicado por aspectos genéticos del híbrido. Asimismo, las condiciones

ambientales en las cuales permanecieron durante esta fase pudieron incidir en las condiciones favorables para el desarrollo de estas enfermedades.

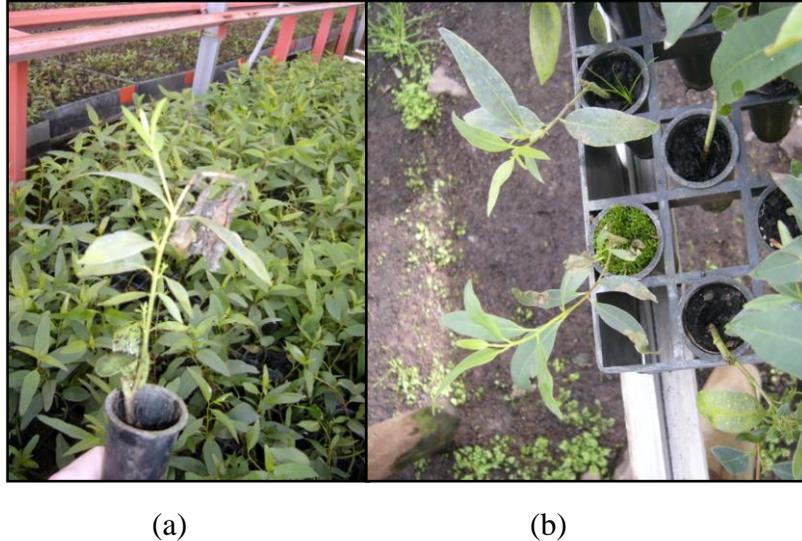
De esta manera, se podría inferir que los híbridos mostraron diferentes incidencias de enfermedades, producto de una suma de factores que provocaron una disminución de la patogenicidad de los agentes causales, una vez que se produjo el contacto entre éstos y los hospederos. Lo que determinó que algunos híbridos se mostraron más resistentes ante determinados agentes, resultando en una inexistencia del proceso de enfermedad.

En relación a *Botrytis cinerea* se observó que la enfermedad estuvo presente en aproximadamente el 1,7% del total de plántines evaluados. La incidencia de esta enfermedad, a priori es mayor en el híbrido GC172, esto podría estar explicado principalmente por la genética del híbrido en cuestión. Asimismo, podría ser explicado por las condiciones ambientales, es decir inadecuada aireación, baja luminosidad y alto nivel de humedad relativa. Además, existen evidencia científica en relación al efecto de *Trichoderma harzianum* sobre algunos patógenos, según Benítez et al. (2004), este agente de biocontrol produce un incremento en la producción de quitinasas lo cual le confiere a la planta la capacidad de resistencia, principalmente a *Alternaria spp.* y *Botrytis cinerea* (Benítez et al., 2004)

En tal sentido, existen evidencias sobre los beneficios del quitosano y/o quitina sobre la inducción de reacciones de defensa sobre diferentes especies vegetales (Pearce y Ride, citados por Lárez, 2008).

Por otra parte, las investigaciones realizadas sobre quitosano, demuestran que la aplicación de este biopolímero, incide en el crecimiento radial de algunos hongos afectando su morfología y ultraestructura (Laflame et al., citados por Quintana et al., 2010). Esto ha sido demostrado por los estudios realizados por Liu et al., citados por Lárez (2008), acerca de la efectividad del quitosano para inhibir principalmente el crecimiento micelial de *Botrytis cinerea*.

Figura 8: Enfermedades en fase de cría



En la figura anterior se observan los síntomas de *Botrytis cinerea* (a), y de *Cylindrocladium spp.* (b).

La inducción de resistencia favorecida por la aplicación de quitosano, se debe básicamente a la producción de quitinasas y glucanasas, (Benhamou, citado por Lárez, 2008); la lignificación en hojas dañadas (Pearce y Ride, citados por Lárez, 2008) o intactas (Moerschbacher et al., citados por Lárez, 2008); producción de peróxido de hidrógeno (Lee et al., citados por Lárez, 2008) o la formación de fitoalexinas (Cote y Hahn, citados por Lárez, 2008).

De esta manera, el quitosano induce a las plantas a responder rápidamente al ataque de los patógenos, producto de fitoalexinas, proteínas relacionadas a la patogénesis, inhibidores proteicos y ligninas, que son derivados de la quitina y el quitosano (Lárez, 2008).

En virtud de la importancia del cambio climático en los últimos años, se han provocado cambios en el clima, en relación al régimen de lluvia, temperatura y heladas. Durante esta fase de la investigación, más precisamente a inicios del mes de julio y en la fase de rustificación se tuvo una helada de 5°C bajo cero. Esto motivo a realizar observaciones para determinar el estado general de estos plantines, luego de este fenómeno climático adverso para el crecimiento y el desarrollo de los plantines.

Figura 9: Helada ocurrida en fase de rustificación



Las heladas originan necrosamiento de los brotes terminales, lo que puede llegar a producir malformaciones en el tallo, y en caso severos la muerte de la planta. Asimismo sin llegar a estos extremos puede disminuir el período de crecimiento, y por consiguiente disminuir la capacidad de la planta para producir y asimilar carbohidratos (Martinez et al., 2005).

Asimismo es importante mencionar que la susceptibilidad a las bajas temperaturas es diferente para los diversos genotipos, siendo la cantidad de potasio aplicado un factor clave en el endurecimiento de los tejidos vegetales.

Una de las posibles causas fisiológicas por lo cual este fenómeno no implicó pérdidas importantes en la etapa final de producción de plantines en vivero, podrían deberse a la presencia de *Trichoderma harzianum* así como también a las aplicaciones de quitosano y fertilizaciones con potasio realizada en esta fase.

Esto es muy importante ya que podría haber afectado positivamente a los híbridos, minimizando los daños ocasionados por los factores bióticos y abióticos que ocurrieron a lo largo del proceso de producción de los plantines en el vivero.

4.1.6 Peso de raíz

En el Laboratorio del Departamento Forestal de Facultad de Agronomía se determinó el peso fresco y seco de la parte radicular. Los resultados se pueden observar en el cuadro 14 el cual se presentan a continuación.

Cuadro 14: Peso fresco y seco de raíz promedio por plantín según tratamiento

Híbridos	Peso fresco	Peso seco
GC514	1.18	0.24
GC513	0.94	0.27
GC172	1.33	0.23
GU8	0.96	0.20
GT529	1.06	0.19

Diversas investigaciones han demostrado el efecto beneficioso de *Trichoderma harzianum* en el crecimiento radicular. Según Ozsiewac, citado por Benítez et al. (2004) este agente de biocontrol produce auxinas, citoquininas, etileno y ácido acético las cuales promueven y regulan el desarrollo y crecimiento de la planta. De esta manera, este agente genera un ambiente rizosférico que tendría efectos positivos en el crecimiento vegetal. Estos efectos positivos no serían igual para todos los híbridos evaluados, debido a que no todos reaccionaron de la misma manera a los cambios en el balance hormonal en la rizosfera.

Figura 10: Peso raíz en relación a los híbridos

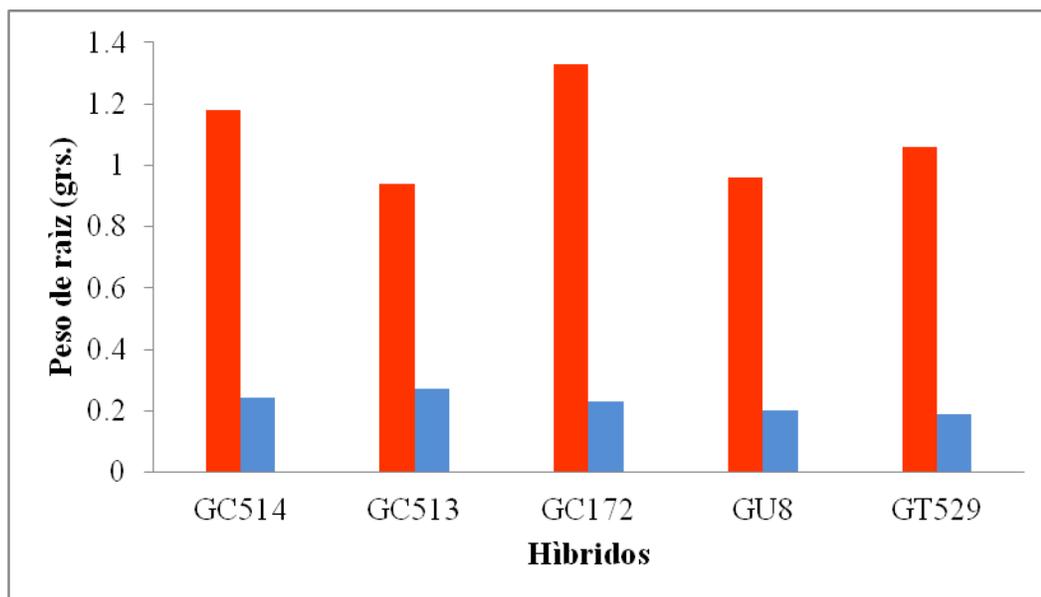


Figura 10 se observa de color rojo el peso fresco y de color naranja el peso seco de raíz promedio por planta.

En el figura anterior se observan los valores de los diferentes peso fresco y seco de raíz alcanzado por los híbridos evaluados. Si bien no es posible afirmar que existen diferencias significativas entre los tratamientos, existe una tendencia que muestra que no todos los híbridos responden igual al manejo integrado realizado en el vivero para estas variables. En este caso, los valores observados a simple vista para el peso seco, los híbridos evaluados muestran una tendencia a ser constante. Por lo cual a priori el contenido de materia seca parecería ser igual para todos los híbridos.

Por otra parte los valores de peso fresco de la raíz observado en el cuadro descriptivo que se presentó anteriormente, muestra que el híbrido GC172 es aproximadamente 29.3 % mayor que los híbridos GC513. De esta manera, el contenido de agua del sistema radicular de los diferentes híbridos podría ser distinto.

Es probable que el comportamiento a campo sea diferente, debido a que el anclaje al suelo y la absorción radicular de nutrientes están relacionados al valor de esta variable.

4.1.7 Peso aéreo

Aquí se presentan el análisis del peso fresco y seco de la parte aérea realizado en esta investigación.

Cuadro 15: Peso fresco y seco aéreo promedio por plantín según tratamiento

Híbridos	Peso fresco	Peso seco
GC514	3.66	0.86
GC513	3.12	0.99
GC172	2.93	0.68
GU8	1.87	0.49
GT529	2.34	0.61

Tal como se ha venido mencionando a lo largo de este trabajo, en los estudios realizados por Osiewacz, citado por Benítez et al. (2004), así como lo realizado por Negrone et al. (2008) en *Pinus taeda*, han permitido demostrar el efecto positivos del *Trichoderma harzianum* en el crecimiento de los plantines, a través de las diferentes evaluaciones de peso fresco de la parte aérea. En relación al quitosano se ha comprobado que estimula el crecimiento en varias especies (Bhaskara et al., citados por Lárez, 2008).

En este caso, para el valor del peso fresco de la parte aérea el híbrido GC514 fue aproximadamente el 90,6% mayor que el GU8, es decir el contenido de agua de este último fue menor en relación a los otros híbridos. Mientras que para el peso seco de la parte aérea, el híbrido GC513 fue el 50 % mayor que el híbrido GU8. Según esta

aproximación visual, se podría mencionar que el híbrido GU8 obtuvo el menor valor para ambas variables.

Figura 11: Peso aéreo en relación a los híbridos

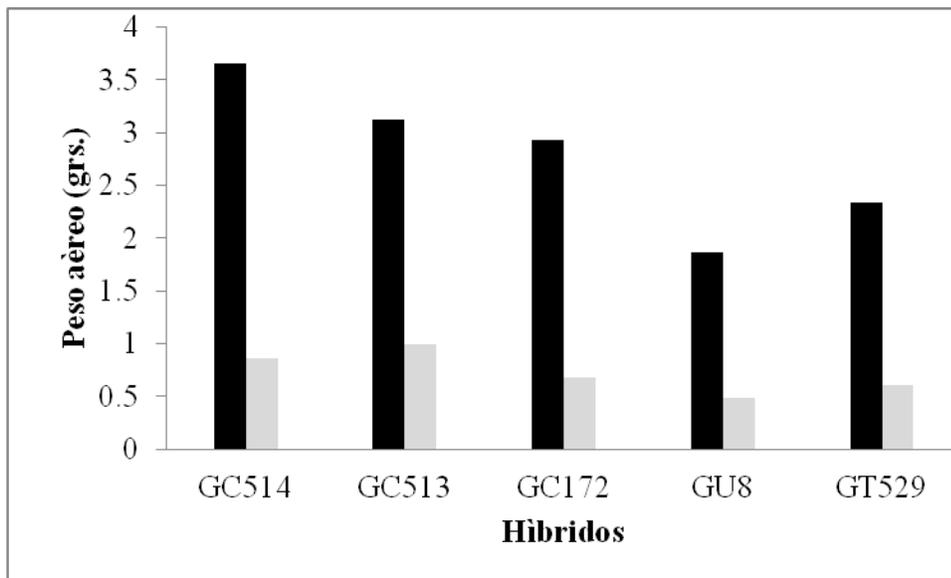


Figura 11 se observa de color negro el peso fresco y de color gris el peso seco aéreo promedio por planta.

4.1. 8 Relación de pesos

Con respecto a la relación existente entre el peso aéreo y el peso radicular, una mayor relación significaría un mejor desempeño en plantación (Análisis del Simposio de Viscosa, citado por Coppola et al., 2000). Además es importante mencionar que el peso aéreo no debe de ser el doble que el peso de la raíz (Montoya, citado por Coppola et al., 2000).

Cuadro 16: Relación peso aéreo/radicular para los diferentes híbridos

Híbridos	Rel. Fresco	Rel. Seco
GC 514	3.1	3.5
GC 513	3.3	3.6
GC 172	2.2	3.0
GU8	2.0	2.4
GT 529	2.2	3.1

Según el cuadro anterior se observa que la relación peso aéreo/peso radicular, podría ser diferente para los híbridos evaluados. Esto muestra a priori que el híbrido GU8 obtuvo la relación de peso menor, por lo cual se acercaría mas al plantín de calidad optima según lo que señala Montoya, citado por Coppola et al. (2010).

Figura 12: Relación peso aéreo/radicular para los diferentes híbridos

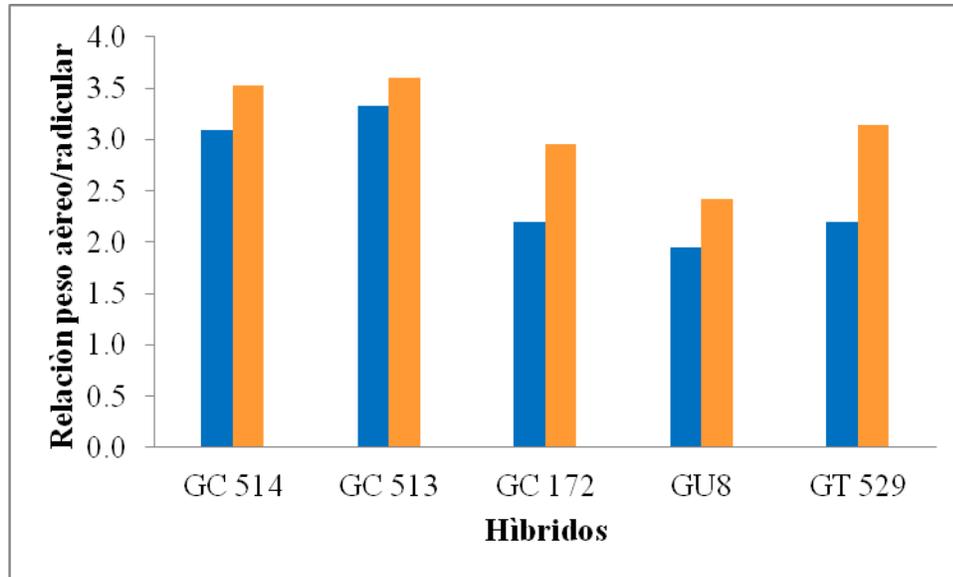


Figura 12 se observa de color azul la relación en peso fresco y de color naranja la relación en peso seco, ambos promedio por planta.

4.2 PLANTACIÓN

En esta etapa se evaluó la respuesta de los diferentes híbridos a una dosis extra de trichosoil® y biorend®, dado que existe la hipótesis biológica de que este manejo previo a plantación mejoraría el porcentaje de supervivencia.

Es importante mencionar que el desarrollo y la actividad de *Trichoderma harzianum* está influenciado por diversos factores, debido a que este agente interactúa con otros microorganismos, además de la planta, el suelo y el clima, lo que conforma el sistema planta-microorganismo-ambiente (P-M-A).

En lo referente a *Trichoderma harzianum* debe de tenerse en cuenta los factores abióticos, es decir, las características del suelo, la temperatura y la humedad. A los efectos de favorecer los factores que inciden positivamente en el sistema P-M-A, en la etapa de plantación.

De esta manera, previo a ser transportados desde el vivero al sitio de plantación se aplicó de manera manual en una única aplicación 15 litros, una dosis extra de 52 grs. de trichosoil[®]/litro de agua y 60 cc. de biorend[®]/litro de agua.

En cada unidad experimental se determinó la supervivencia de plantines y paralelamente se realizaron observaciones del estado general de las plantas, 55 días post-plantación.

4.2.1 Supervivencia

En esta etapa se determinó la supervivencia en plantación de los cinco híbridos de *Eucalyptus grandis*, para lo cual se utilizó un modelo lineal generalizado asumiendo una distribución binomial de la variable aleatoria, y se realizó una prueba de razón de verosimilitud, a los efectos de determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Cuadro 17. Prueba de razón de verosimilitud

Tratamientos	p[^]
GC172 c. t	0.85*
GC172 s. t	0.92*
GC513 c. t	0.94ns
GC513 s. t	0.92ns
GC514 c. t	0.90*
GC514 s. t	0.93*
GT529 c. t	0.94ns
GT529 s. t	0.96ns
GU8 c. t	0.94*
GU8 s. t	0.80*

*existen diferencias significativas (p=0.05)

ns no existen diferencias significativas

Para la interpretación del cuadro anterior, es importante destacar que se determinó si existen diferencias significativas al agregado de una dosis extra de trichosoil[®] y biorend[®], para cada uno de los híbridos.

Existen diferencias significativas en cuanto a la variable supervivencia para los híbridos GC172, GC514 y GU8; lo que demuestra que cada uno de estos híbridos no respondió de igual forma al agregado de una dosis extra de trichosoil[®] y biorend[®].

En el caso de GT529 y GC513, no existen diferencias significativas para la supervivencia, o sea que estadísticamente la respuesta de cada uno de estos al tratamiento (con y sin) fue igual.

Con respecto al híbrido GC172 y GC514, se determinó que la supervivencia con tratamiento fue de 0.85 y 0.90 respectivamente, mientras que sin el mismo fue de 0.92 y 0.93 respectivamente. Esto indica que la respuesta de estos híbridos al manejo propuesto fue desfavorable para el parámetro evaluado.

En el caso del híbrido GU8, el manejo propuesto con la dosis extra de trichosoil[®] y biorend[®] fue positivo. Dado que la proporción de supervivientes obtenida fue de 0.94, mientras que sin el tratamiento, fue de 0.80.

La hipótesis principal que explica los resultados obtenidos, se basa en la corta duración del período de evaluación. Debido a que probablemente las condiciones de temperatura, ph y humedad, no influyeron de manera negativa en el establecimiento de *Tricherma harzianum*.

4.2.2 Estado de la plantación

Luego de instalado el ensayo, más precisamente a los 55 días post-plantación, se realizaron observaciones generales en el sito de plantación, de manera de evaluar el estado de los plantines del ensayo.

En líneas generales no se observaron síntomas de deficiencias nutricionales en ninguno de los bloques instalados.

Por otra parte, como se mencionó anteriormente en este trabajo, se aplicó un control químico de malezas, a los efectos de disminuir el efecto de competencia entre las plantas de eucaliptos y las malezas. De esta manera, es importante destacar algunas características y particularidades en el uso de herbicidas. En forestación, los herbicidas se distinguen, en pre-emergentes (los cuales se aplican antes de la emergencia de las malezas), y los pos-emergentes (lo que se aplican posterior a la emergencia de malezas).

A continuación se presenta, un cuadro que resumen las aplicaciones realizadas a los efectos de controlar las malezas.

Cuadro 18: Descripción de las aplicaciones para el control de malezas

Fecha de aplicación	Ingrediente activo	Nombre comercial	Dosis*	Lugar
09/10/2011	Oxifluorfen + Acetoclor	Goal+Trophy+Glifosato	2+2+3.5	fila
14/11/2011		Glifosato	3.5	entre-fila
05/12/2011	Oxifluorfen + Acetoclor	Goal+Trophy+Glifosato	2+2+3.5	fila

*Dosis de aplicación de producto comercial en litros/hectáreas.

Se aplicó un herbicida pre-emergente, oxyfluorfen, el cual según Modernel (2007), es un herbicida orgánico, selectivo de pre y post-emergencia temprana, el cual actúa por contacto y de forma preventiva.

Asimismo, se aplicó, glifosato, el cual pertenece al grupo de los organofosforados y dentro de este grupo a los fosfanato, es de acción sistémica, pos-emergente y no selectivo, cuyo mecanismo de acción consiste en la inhibición de la síntesis de aminoácidos aromáticos (Modernel, 2007).

Continuando con esta línea de trabajo, se observaron daños por fitotoxicidad, los cuales consisten en pequeñas manchas necróticas, de color ocre, con borde neto y de forma redondeada. Estos síntomas estaban presentes en buena parte del ensayo, afectando un gran número de plantas, por lo que a priori se podría mencionar que el bloque número 3, el cual esta instalado en la zona más baja, fue el más afectado.

Figura 13: Daños de fitotoxicidad



Estos daños podrían estar explicados por diversos factores, como por ejemplo, el contenido de humedad en el suelo. Según Kogan y Pérez (2003) la humedad es necesaria para que actúe el herbicida, por lo que su acción desaparece en la medida que esta disminuye. Además estos autores señalan la importancia de la humedad en la distribución del producto químico en el suelo. Es probable que la aplicación no haya sido adecuada, es decir hacia la base de las plantas, ya que en caso de que el follaje es mojado, según Ribas (1997) se produce un manchado de las hojas y quemado de algunas hojas nuevas. Si bien esto podría estar explicando las tendencias observadas a campo, según Ribas (1997) estos accidentes no son un inconveniente, ya que la planta se recupera rápidamente. En tal sentido Mentruty, citado por Francishini y Trindade (1998), indican que el mojado accidental de hojas con herbicidas, produce una reacción de toxicidad que desaparece a los 30 días aproximadamente.

La hipótesis principal que podría explicar los daños observados, estaría relacionada al método de aplicación. Este consistió en una aplicación con pulverizadora de mochila con una pantalla protectora en la salida de la boquilla, la cual disminuye la posibilidad de deriva hacia el árbol. Posiblemente las condiciones ambientales durante la aplicación no fueron óptimas, principalmente el viento durante la aplicación, desencadenando daños por fitotoxicidad. De esta manera, la deriva ocasionada durante la aplicación, producto del viento y la velocidad de este, habrían provocado que dosis subletales o letales de herbicidas sean arrastradas a las diferentes especies vegetales, entre ellas los eucaliptos implantados.

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la etapa de vivero muestran que los híbridos evaluados, responden diferente al manejo integrado propuesto. En tal sentido, se determinó que para la variable altura del plantín en fase de cría y rustificación, los híbridos GC172, GC514, GC513 y GT529 fueron superiores en relación al híbrido GU8. Asimismo en términos absolutos, el crecimiento en el período de evaluación fue igual para los cinco híbridos evaluados.

En relación al otro parámetro morfológico determinado, diámetro de cuello, los híbridos mostraron diferencias significativas solo en la fase rustificación. De esta manera, el híbrido GC172 fue el mejor, en relación a los híbridos GC513, GT529 y GU8, y a la vez estos últimos fueron superiores al híbrido GC514.

El que obtuvo los mejores valores, tanto para altura de plantín, como para diámetro de cuello, fue el híbrido GC172, de esta manera queda en evidencia su superioridad en la fase de vivero.

El crecimiento en términos absolutos fue igual, para las variables diámetro de cuello y altura de plantín, alcanzados por los cinco híbridos, en el período comprendido entre la fase de cría y rustificación. Destacándose el híbrido GU8, el cual presentó valores mínimos de altura de plantín en ambas fases, pero sin embargo obtuvo igual crecimiento que los demás híbridos evaluados.

Los estudios realizados por Zhang y Quantick, citados por Hernández-Lauzardo et al. (2005) en cerezas y fresas demostraron que el quitosano incrementó la actividad de las enzimas quitinasas y β 1-3 glucanasas, reduciendo la actividad de los patógenos *B. cinerea* y *Rhizopus spp.* Este efecto, dependería de la concentración de quitosano agregado, por lo cual es probable que el quitosano exógeno tenga un efecto potenciador sobre *Trichoderma harzianum* activando los mecanismos de defensa de la planta.

Durante el período comprendido entre la fase de cría y la fase de rustificación, se evidenciaron condiciones preponderantes para el desarrollo de enfermedades, así como también bajas temperaturas en rustificación, que pudieron repercutir de manera negativa en el crecimiento y el desarrollo de los plantines. Pese a ello, no se observaron pérdidas significativas de ninguno de los híbridos evaluados, esto podría adjudicarse al efecto de *Trichoderma harzianum*, así como también a las aplicaciones de quitosano y potasio, durante el proceso de producción de plantines.

En la etapa de plantación cada híbrido demostró que estadísticamente existieron diferencias entre los valores de supervivencia, para los dos manejos evaluados. El híbrido GU8, fue el que obtuvo una respuesta positiva al agregado de una dosis extra de trichosoil® y biorend®. De todas maneras, debería de considerarse un período post-plantación más extenso, es decir superior a los dos meses, a los efectos de dilucidar si realmente existen respuestas positivas al tratamiento realizado. Fundamentalmente, teniendo en cuenta que se evaluaron árboles genéticamente superiores, y quizás expresen sus diferencias con respecto al manejo propuesto, en un período mayor de evaluación, de modo de determinar su desempeño ante condiciones ambientales adversas.

6. RESUMEN

El manejo integrado de plagas aparece como una nueva visión respecto a los patógenos, insectos y malezas, considerándolas como componentes del agro-ecosistema. Una de las herramientas de este manejo, es el control biológico, el cual excluye la utilización de plaguicida. En este marco se llevó a cabo esta investigación, con el objetivo principal de evaluar la respuesta de cinco diferentes híbridos de *Eucalyptus grandis* con *Trichoderma harzianum* y quitosano en vivero y plantación. Existen evidencias científicas, que comprueban las propiedades de *Trichoderma harzianum* como agente biológico de biocontrol y estimulador del crecimiento de diferentes especies vegetales. Además otros estudios demuestran que el quitosano, es un biopolímero natural, utilizado en algunas actividades agrícolas, como bioestimulante e inductor de resistencia. De esta manera esta investigación comprende dos etapas, la primera llevada a cabo en el vivero forestal propiedad de Weyerhaeuser S.A, y la segunda en una plantación de GMO-Cloverly, los cuales están ubicados en el departamento de Tacuarembó. En el mes de junio de 2011, se instaló el ensayo en vivero, donde se realizó un submuestreo de cinco híbridos de *E. grandis* (GU8, GC172, GC513, GC515, GT529). Esta etapa comprendió el período entre las fases de cría y rustificación, se evaluaron parámetros morfológicos tales como, altura del plantín, diámetro de cuello, peso fresco y seco, de raíz y parte aérea. Así como también la calidad vegetal de los mismos, ante condiciones desfavorables para el crecimiento y desarrollo de los plantines. En el mes de octubre de 2011, se llevó a cabo la segunda etapa de esta investigación, instalándose la plantación con los plantines evaluados en la etapa anterior. En este caso, se realizó un diseño de bloques completos al azar, a los efectos de estudiar la respuesta de los cinco híbridos de *Eucalyptus grandis*, a la aplicación de una dosis extra de trichosoil y biorend, previo a plantación. De esta manera, se evaluaron simultáneamente dos factores, con y sin dicha dosis extra. Asociado con la etapa de vivero, se evidenciaron diferencias significativas entre los híbridos evaluados, para los parámetros altura y diámetro de cuello de plantín, en la etapa de vivero. Asimismo, se observó en plantación una respuesta diferente de los híbridos al agregado de una dosis extra de trichosoil y biorend. Debido a la poca información a nivel nacional e internacional entorno a los efectos de la aplicación conjunta *Trichoderma harzianum* y quitosano en especies forestales, es necesario establecer nuevas investigaciones. Por lo cual esta investigación es una base, para desarrollar herramientas que permitan reducir o eliminar el uso de productos químicos en la producción agropecuaria.

Palabras claves: *Eucalyptus grandis*; *Trichoderma harzianum*; Quitosano; Control biológico; Viveros forestales; Plantación forestal; Departamento Tacuarembó.

7. SUMMARY

The integrated pest management appears as a new vision for pathogens, insects and weeds, considering them as components of the agro-ecosystem. One of the tools of this approach is biological control, which excludes the use of pesticide. In this framework was carried out this research, with the main objective of assessing the response of five different hybrids of *Eucalyptus grandis* with *Trichoderma harzianum* and chitosan in the nursery and planting. There is scientific evidence that prove the properties of *Trichoderma harzianum* as a biocontrol agent of biological and stimulating the growth of different plant species. In addition, other studies show that chitosan is a natural biopolymer used in some agricultural activities such as a bio-stimulant and inducer of resistance. Thus this study comprises two stages, the first held in the tree nursery owned by Weyerhaeuser S.A., and the second in a plantation of GMO-Cloverly, which are located in the department of Tacuarembó. In June 2011, the trial was installed in the nursery, which undertook a subsample of five hybrids of *E. grandis* (GU8, GC172, GC513, GC515, GT529). This stage covered the period between the phases of raising and rustification were evaluated morphological parameters such as seedling height and stem diameter, fresh weight, dry root and shoot. As well as vegetable quality thereof, to unfavorable conditions for the growth and development of the seedlings. In October 2011 held the second stage of this research, setting up the planting with seedlings evaluated in the previous stage. In this case, there was a design of a randomized complete block, in order to study the response of the five hybrids of *Eucalyptus grandis*, the application of an extra dose of trichosoil and biorend prior to planting. Thus, two factors were evaluated simultaneously, with and without such extra dose. Associated with the nursery stage, significant differences were found among hybrids for height and diameters parameters neck seedling in the nursery stage. It was also noted in planting a different response of hybrid to the addition of an extra dose of trichosoil and biorend. Due to the limited information at the national and international environment to the effects of *Trichoderma harzianum* and chitosan in forest species, it is necessary to establish new research. Therefore this research is a basis to develop tools to reduce or eliminate the use of chemicals in agricultural production.

Keywords: *Eucalyptus grandis*; *Trichoderma harzianum*; Chitosan; Biological control; Forest nurseries; Forest plantation; Department Tacuarembó.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. AGRIOS, G.N. 1995. Fitopatología. 2a. ed. México, Limusa. 838 p.
2. ALMODÓVAR, W. 2005. Manejo integrado de enfermedades en viveros de árboles en Puerto Rico. Recinto de Mayaguez, Universidad de Puerto Rico. Servicio Extensión Agrícola. 16 p.
3. AÑÓN, D. 1993. Daño de heladas en *Eucalyptus*; evaluación de daño en especies y orígenes en el primer invierno. In: Jornadas Técnicas (1993, Tacuarembó). Memorias. Tacuarembó, INIA. pp. 14-32 (Actividades de Difusión no. 40)
4. _____.; LEVITÁN, A.; TARINO, E. 2004. Evaluación de diferentes dosis de fertilización en la producción de plantines de *Pinus Taeda* L. creciendo en sustrato colonizado por *Trichoderma harzianum*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 161 p.
5. BALMELLI, G. 1993. Daños de heladas en Eucalyptus; evaluación de daños en especies y orígenes en el primer invierno. Tacuarembó, INIA. 34 p. (Serie Técnica no. 40)
6. _____.; RESQUIN, F. 2006. Eucaliptos colorados; una alternativa para la diversificación productiva. Revista INIA. no. 7: 35:37.
7. BARRIOS, M. 2006. Estudio de hongos endofíticos como inductores de resistencia para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en plátano. (en línea). Tesis Magíster Scientiae Agricultura Ecológica. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 68 p. Consultado mar. 2012. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0991e/A0991e.pdf>
8. BAUTISTA, S.; HERNÁNDEZ, M.; BOSQUEZ, E.; WILSON, C. 2003. Effects of chitosan and plant extracts on growth of *Colletotrichum gloeosporioides*; anthracnose levels and quality of papaya fruit. Crop Protection. 22(9): 1087–1092.
9. BENÍTEZ, T.; RINCÓN, A.; LIMÓN, M.; CODÓN, A. 2004. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. (en línea). International Microbiology. 7(4): 249-260. Consultado mar. 2012. Disponible en <http://scielo.isciii.es/pdf/im/v7n4/Benitez.pdf>

10. BENNADJI, Z. 2004. Programas de mejoramiento genético forestal en el INIA; herramienta al servicio de la cadena de la madera. *El País Agropecuario*. 10 (117): 25-28.
11. BIRCHLER, T.; ROSE, R.; ROYO, A.; PARDOS, M. 1998. La planta ideal; revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. *Sistemas y Recursos Forestales*. 7 (1-2): 109-121.
12. BRUSSA, C. 1994. *Eucalyptus*. Especies de cultivos más frecuentes en Uruguay y regiones de clima templado. Montevideo, Hemisferio Sur. 325 p.
13. CARDENAS, D. 2003. Evaluación de diferentes sustratos colonizados con el antagonista (*Trichoderma harzianum* Fr) sobre la calidad de plantines de *Eucalyptus grandis* w. Hill ex Maiden, *Eucalyptus globulus* spp. *globulus* Labill y *Pinus taeda* L. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 199 p.
14. COPPOLA, F.; MENDOZA, G.; REGULES, H. 2000. Caracterización de plantines de *Eucalyptus* y *Pinus* desde el punto de vista de la calidad en el Uruguay. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 105 p.
15. CUBILLOS, J.; VALERO, N.; MEJÍA, L. 2009. *Trichoderma harzianum* como promotor del crecimiento vegetal del maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* degener). (en línea). *Agronomía Colombiana*. 27(1): 81-86. Consultado mar. 2012. Disponible en <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/.../12028>
16. DABEZIES, M.; ERREA, E.; SOUTO, G. 2008. Informe final de la consultoría sobre las cadenas agroindustriales en el marco del PENCTI. (en línea). Montevideo, ANII. Consultado mar. 2012. Disponible en http://www.anii.org.uy/imagenes/libro_cadenas_agroindustriales.pdf
17. DE MELLO, J.; LIZUKA, K.; BENNADJI, Z.; BALMELLI, G.; UETSUKI, Y. 2002. Evaluación de características de la madera en *Eucalyptus grandis*. In: Seminario de Clausura del Aftercare Forestal INIA-JICA (1º., 2002, Tacuarembó, Uruguay). Avances en mejoramiento genético de *Eucalyptus grandis*. Montevideo, INIA. p.5.

18. EL GHAOUTH, A.; ARUL, J.; GRENIER, J.; ASSELIN, A. 1992. Effect of chitosan and other polyions on chitin deacetylase in *Rhizopus stolonifer*. *Experimental Mycology*. 16(3): 173-177.
19. EZZIYYANI, M.; PÉREZ, C.; SID, A.; REQUENA, M.; CANDELA, M. 2004. *Trichoderma harzianum* como biofungicida para el biocontrol de *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.). (en línea). Murcia, s.e. 12 p. Consultado mar. 2012. Disponible en <http://www.invenia.es/idhea/idhea.asp?verb=ListRecords&type=invenia&zona=lista&q=%22universidad+murcia+>
20. FAO. 2006. Manual de campo; plagas y enfermedades en eucaliptos y pinos en el Uruguay. Montevideo. 158 p. (Estudio FAO no.3003)
21. FRANCISCHINI, L.; TRINDADE, O. 1998. Evaluación de herbicidas pré-emergentes en plantaciones primaverales de *Eucalyptus globulus ssp. globulus*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 97 p.
22. GARCÍA, R.; PÉREZ, R. 2003. Fitoalexinas; mecanismo de defensa de las plantas. (en línea). *Revista Chapingo*. 9(1): 5-10. Consultado feb. 2012. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=62990101>
23. GARCÍA, M. 2007. Importancia de la calidad del plantín forestal. (en línea). In: Jornadas Forestales de Entre Ríos (22º., 2007, Concordia, Argentina). Trabajos presentados. s.n.t. pp. 1-10. Consultado feb. 2012. Disponible en <http://inta.gob.ar/concordia/info/Forestales/contenido/pdf/2007/312.II.GARCIA.pdf>
24. GARCÍA, J. 2008. Efecto del quitosano sobre la membrana celular de *Rhizopus stolonifer*. (en línea). Tesis en maestría en Ciencias. Morelos, Chile. Instituto Politécnico Nacional. 72 p. Consultado abr. 2012. Disponible en http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/4172/1/garcia_rin_con_juan.pdf
25. GUÉDEZ, C.; CAÑIZALEZ, L.; CASTILLO, C.; ILIVAR, R.; MAFFEI, M. 2010. Alternativas para el control para el control de hongos postcosecha en naranjas valencia (*Citrus sinensis*). *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*. no. 30: 43-47.

26. GUERRA-SÁNCHEZ, M.; SANDOVAL-ESCOBAR, A.; AMORA-LAZCANO, E.; VÁZQUEZ-MÉNDEZ, L.; VELÁZQUEZ-DEL VALLE, M.; NIUKA, A. 2010. Efecto del quitosano en el desarrollo in viro de *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.:Fr.) Vuill. en dos medios de cultivo. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 12 (2): 214-222.
27. HADWIGER, L.; LOSCHKE, D. 1981. Molecular communication in host-parasite interactions; Hexosamine polymers (Chitosan) as regulator compounds in Race-Specific and other interactions. *Phytopathology*. 71(7): 756-762
28. HERNÁNDEZ, A.; BAUTISTA, S.; VELÁZQUEZ, M.; RODRÍGUEZ, S.; CORONA, M.; SOLANO, A.; BOSQUEZ, E. 2005. Potencial del quitosano en el control de las enfermedades postcosecha. (en línea). *Revista Mexicana de Fitopatología*. 22(2): 198-205. Consultado abr. 2012. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/612/61223214.pdf>
29. HOITINK, H.; BOEHM, M. 2001. Control biológico en comunidades microbianas del suelo; un fenómeno de dependencia de sustrato. *Manejo Integrado de Plagas (CATIE)*. no. 62: 4-17.
30. INFANTE, D.; MARTINEZ, B.; GONZALEZ, N.; REYES, Y. 2009. Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. (en línea). *Revista Protección Vegetal*. 24(1): 14-21. Consultado feb. 2012. Disponible en <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sciarttext&pid=S1010-2752200900010002&lng=es&nrm=iso>.ISSN1010-2752>
31. IRISYTI, F. 1999. *El vivero forestal*. Montevideo, Facultad de Agronomía. 26 p.
32. KOGAN, M.; PEREZ, A. 2003. *Herbicidas; fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción*. Santiago de Chile, Universidad Pontificia de Chile. 321 p.
33. KURZAWIŃSKA, H. 2007. Potential use of chitosan in the control of lettuce pathogens. *Polish Chitin Society Monograph*. 12: 173–178.
34. LÁREZ, C. 2008. Algunas potenciales de la quitina y el quitosano para usos relacionados con la agricultura en Latinoamérica. *Revista Científica de la Escuela de Ingeniería Agronómica de la Universidad de Oriente*. 8(1): 1-22.
35. LEUBA, J.; STOSSEL, P. 1986. Chitosan and other polyamines; anitungal activity and interaction with biological membranes. *In*: Muzzarelli, R.; Jeuniaux, C.; Gooday, W. ed. *Chitin nature and technology*. Plenum, New York. pp. 215-222.

36. LUGANO, L. s.f. Enfermedades en viveros forestales. (en línea). SAGPyA. Hoja Divulgativa Técnica. no. 20. 4 p. Consultado mar. 2012. Disponible en http://academic.uprm.edu/walmodovar/HTMLobj252/MIP_en_viveros_de__rboles.pdf
37. MANTERO, C.; SAN RAMON, D.; LIGRONE, A.; BAPTISTA, P.; DURÁN, V; LOZA, I; BLANCO, M; REGO, G; MARIÑO, M. 2008. El complejo de base forestal; análisis y pronóstico preliminar. Anuario OPYPA 2008: 205-237.
38. MARCÓ, M.; HERRAND, L.; OBSERSCHELP, J. 2006. Oportunidades y limitaciones en el mejoramiento genético de *Eucalyptus grandis* para usos sólidos. (en línea). In: Jornadas Forestales de Entre Ríos (11°. 2006, Concordia, Argentina). Trabajos presentados. s.n.t. pp. 1-6. Consultado mar. 2012. Disponible en <http://64.76.123.202/new/0-0/forestacion/biblos/pdf/2006/279.I-%20Martin%20Marco.pdf>
39. MARTÍNEZ, H. 1990. Camaldulensis; *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh especie de árbol de uso múltiple en América Central.(en línea). Turrialba, CATIE. 55 p. Consultado mar. 2012. Disponible en <http://books.google.es/books/about/Camaldulensis.html?hl=es&id=R9Iz6Phf4C>
40. MARTÍNEZ, A.; MONDINO, V.; GALLO, L. 2005. Evaluación de daños por heladas tardías en ensayos de procedencia de pino oregón introducidos en el norte de la Región Andino Patagónica Argentina. Revista Bosque. 26 (3): 113-120.
41. MESKIMEN, G; FRANCIS, J. 1990. *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. Rose gum *eucalyptus*. In: Burns, R. M.; Honkala, B. H. eds. Silvics of North America; 2. Hardwoods Washington, DC, USDA. Forest Service. pp. 305-312 (Agricultural Handbook no. 654).
42. MODERNEL, R. 2007. Guía uruguaya para la protección y fertilización vegetal. 10a. ed. Montevideo, SATA. 480 p.
43. MONDINO, P.; VERO, S. 2006. Control biológico de patógenos de plantas. Montevideo, Facultad de Agronomía. 158 p.
44. NEGRONE, C.; LEÓN, M.; VILLALBA, N. 2008. Evaluación del comportamiento de plantines de *Pinus taeda* L. con y sin aplicaciones de fertilizantes starter creciendo en sustrato con *Trichoderma harzianum*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 54 p.

45. OCHOA, M. 2002. Antibiosis y micoparasitismo de cepas nativas de *Trichoderma spp.* (hyphomycetes: hyphales), sobre *Michospharella fijiensis* (lóculo ascomycetes: dothideales). (en línea). Tesis Maestría Ciencias Biotecnología. Tecomán, México. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. 102 p. Consultado feb. 2012. Disponible en <http://digeset.ucol.mx/tesis.../Maria%20Elena%20Ochoa%20Moreno.pdf>
46. ORTEGA, U.; KINDELMAN, A.; HEVIA, A.; ÁLVAREZ, E.; MASADA, J. 2006. Control de calidad de planta forestal. (en línea). Asturias, Serida. s.p. Consultado feb. 2012. Disponible en <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=1521&anyo=>
47. ORTIZ, M. 2007. Caracterización funcional de map quinasas del subgrupo c1 de plantas. (en línea). Tesis Doctor Farmacia. Valencia, España. Facultad de Farmacia. 201 p. Consultado mar. 2012. Disponible en <http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/9540/ortiz.pdf?sequence=1>
48. PÉREZ, R. 2010. Características edafológicas y potencial productivo de *Eucalyptus urophylla* y *E. grandis* en Huimanguillo, Tabsaco. Tesis Msc. Texcoco, México. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. 84 p.
49. QUINTANA, E.; PLSCENCIA, M.; SÁNCHEZ, R.; ROSAS, E.; ONOFRE, M. 2010. Inhibición del crecimiento radial “in vitro” de la *Fusarium verticillioides* en presencia de quitosano. Revista Iberoamericana de Polímeros. 11 (6): 282-391.
50. RESQUIN, F.; RACHID, C.; BENNADJI, Z. 2007. Raleos en *Eucalyptus grandis*; algunos efectos sobre la cantidad y calidad de la madera producida. Revista INIA. no. 13: 27:30.
51. RIVAS VIDAL, A. 1997. Herbicidas; mecanismos de ação e resistênciã de plantas. Porto Alegre, Palotti. s.p.
52. ROMERO, G. 1993. Enfermedades forestales en el Uruguay. Montevideo, Facultad de Agronomía. 26 p.
53. _____; MARIUS, N. 2002. Deficiencias de nutrientes en *Eucaliptus*. Montevideo, Facultad de Agronomía. 10 p.
54. ROSSI, C. 2012. Evaluación de *Trichoderma harzianum* como agente biopromotor y de biocontrol en plantines de *Eucalyptus dunii* Maiden. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 120 p.

55. RUANO, J. 2008. Viveros forestales; manual de cultivos y proyectos. 2a. ed. Madrid, Mundi-Prensa. 285 p.
56. SÁNCHEZ, S.; BARRIUSO, J.; PALAZÓN, C. 2006. Interracciones entre *Trichoderma* pers. Y los hongos tuber melanosporum vitt. y el contaminante de viveros sphaerosporella brunnea (alb. Y scwein.) svrcek y kubicka. (en línea). In: Congreso SEAE de Agricultura y Alimentación Ecológica (7º., 2006, Zaragoza, España). Trabajos presentados. s.n.t. pp. 1-8. Consultado mar. 2012. Disponible en <http://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2006/CD%20Congreso%20Zaragoza/Ponencias/107%20S%C3%A1nchez%20Com-%20Interacciones.pdf>
57. SÁNCHEZ, M.; ZAKOWICZ, N.; HARRAND, L.; CUFFRE, A.; TORRAN, E.; CALVO, P. 2005. Propiedades físico mecánicas de la madera de *Eucalyptus grandis* de las precedencias genéticas; Kendall (Australia), huerto semillero de Sudáfrica y semilla local Concordia, plantadas comercialmente en Argentina. In: Congreso Mundial IUFRO (12º., 2005, Brisbane, Australia). Bosques en equilibrio vinculado a la tradición con la tecnología. Concordia, Argentina, INTA. pp. 1-10.
58. SÁNCHEZ, T.; ALDRETE, A.; CETINA, V.; LÓPEZ, J. 2008. Caracterización de medios de crecimiento compuestos por corteza de pino y aserrín. (en línea). *Revista Madera y Bosques*. 14(2): 41-49. Consultado mar. 2012. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=61711316004>
59. SCANAVACA, L. 2001. Caracterização silvicultural botânica e tecnológica do *Eucalyptus urophylla* s. t. blake e de seu potencial para utilizacao em serraria. Tesis Mestre em Ciencias Forestales. Sao Paulo, Brasil. Universidad de São Paulo. Escola Superior de Agricultura. 127 p.
60. TAPIA, C.; SOTO, D.; VERGARA, L.; ALBURQUERQUE, C.; MACCIONO, A.; MATAMALA, A.; HERMOSILLA, G.; BUCAREY, S. 2009. Efecto antifúngico de quitosán de alto peso molecular en cepas de *Candida* sp aisladas de muestras clínicas. *Revista Chilena de Infectología*. 26 (6): 515-519.
61. TRUJILLO, I. 2002. Resultados en propagación vegetativa de *Eucalyptus grandis*. In: Seminario de Clausura del Aftercare Forestal INIA-JICA (1º., 2002, Tacuarembó, Uruguay). Avances en mejoramiento genético de *Eucalyptus grandis*. Montevideo, INIA. p.6.

62. URUGUAY XXI. PROMOCIÓN DE INVERSIONES Y EXPORTACIONES. 2011. Sector forestal; oportunidades de inversión en Uruguay. Informe sectorial. 2011. 36 p.
63. VILLALVA, J. 2010. Control de malezas en *Eucalyptus spp.* In: Jornadas Técnicas en Protección Forestal (2010, Tacuarembó). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 1-8 (Actividades de Difusión no. 629).
64. VON WERNICH, M.; LAVADO, R.; PORCELLI, C. C. s.f. Preparando los plantines. Dos valiosas propiedades; velocidad de crecimiento y alta rustificación. (en línea). s.n.t. 3 p. Consultado mar. 2012. Disponible en <http://www.fertilizando.com/articulos/Preparando%20los%20Plantines.asp>
65. WOO, S.; SCALA, F.; RUOCCO, M.; LORITO, M. 2005. The molecular biology of the interactions between *Trichoderma spp.*, phytopathogenic fungi, end plants. (en línea). The American Phitopathological Society. 96(2): 181-185. Consultado mar. 2012. Disponible en <http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHYTO-96-0181>
66. XU, J.; ZHAO, X.; WANG, X.; ZHAO, Z.; DU, Y. 2007. Oligochitosan inhibits *Phytophthora capsici* by penetrating the cell membrane and putative binding to intracellular targets. Pesticide Biochemistry and Physiology. 88(2): 167–175.

9. ANEXOS

ANÁLISIS DE ALTURA DEL PLANTÍN EN LA FASE DE CRÍA

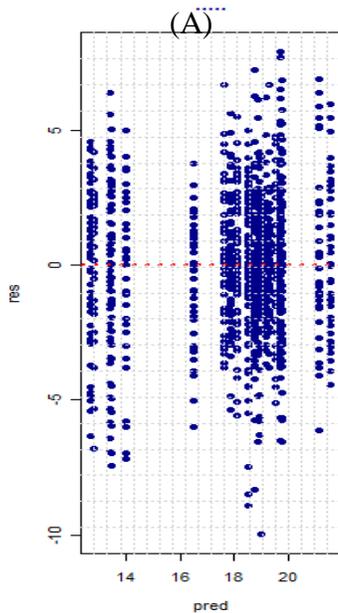
Estadística descriptiva

```
> resumen1
      medias1 desvio1 min1 max1
GC172  19.47    2.49  9.0 27.5
GC513  18.89    2.45 12.3 26.6
GC514  19.68    2.59 10.4 28.0
GT529  18.10    2.42  9.6 23.6
GU8    13.28    2.75  6.0 19.8
```

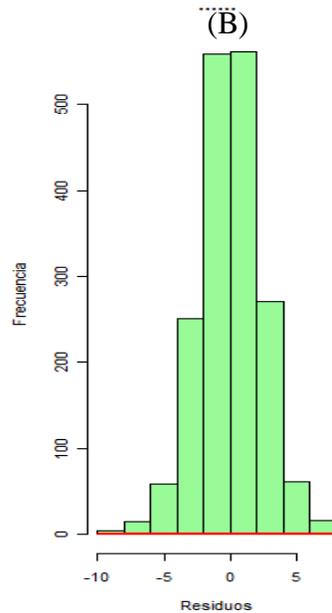
Se observa que no hay ningún error de tipo o fuera de contexto, por lo cual se continua con los análisis.

Verificación de supuestos

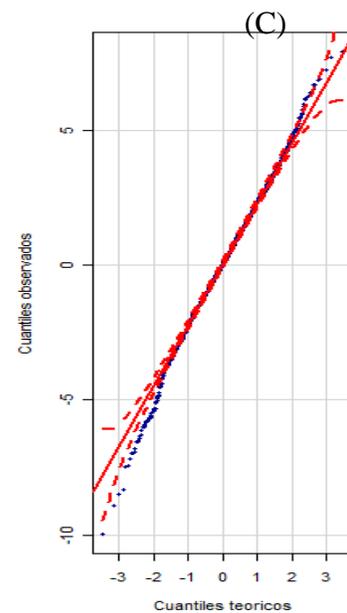
Predichos vs. Residuos



Histogramas de residuales



Distribución del error



En la gráfica A se observa que no hay un claro patrón de distribución, porque son independientes. A partir del gráfico B podemos inferir que los errores no tienen una distribución normal. Finalmente en el gráfico C se visualiza que cuanto más se ajustan los valores o puntos a la recta, más se acerca a la distribución del error a la normal. Cabe destacar que en todos los casos son aproximaciones visuales, por lo que en esta instancia no estamos confirmando absolutamente nada.

Prueba de normalidad

```
> bartlett.test(altura ~ trat + band%in%trat, data=data)

Bartlett test of homogeneity of variances

data: altura by trat by band
Bartlett's K-squared = 7.9987, df = 4, p-value = 0.09162
```

Dado que “p” valor es mayor a 0.05, no rechazo la hipótesis nula, es decir existe homogeneidad de varianzas.

Análisis de varianza

```
> ajuste=lm(altura ~ trat + band%in%trat, data=data)
> ANAVA=aov(ajuste)
> summary(ANAVA)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
trat	4	10227.6	2556.90	441.940	< 2.2e-16 ***
trat:band	19	1321.4	69.55	12.021	< 2.2e-16 ***
Residuals	1773	10257.9	5.79		

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
3 observations deleted due to missingness
> F= 2556.9/69.65
> p_valor=1-pf(F,19,4)
> (Fp=cbind(F, p_valor))
      F      p_valor
[1,] 36.7107 0.001570035
```

El residual que aparece es el error de submuestreo, por defecto el programa utilizado, siempre me va hacer contra el error submuestreo. En este caso, hay que tener cuidado ya que si tenemos muchas grados de libertad, como en este caso, siempre vamos a obtener diferencias significativas. Esto debido a que no lo estamos haciendo contra el verdadero error experimental, sino contra el submuestreo.

El error experimental va ser (trat:band). Cuando calculo el valor de F, debo realizar cuadrado medio de la especie, sobre cuadrado medio del error experimental, y no sobre el error residual (de submuestreo).

Vale destacar que esta aclaración es aplicable a todos los resultados obtenidos en el vivero, ya que se utilizó un submuestreo.

De esta manera, para este análisis, se toma como el valor “p” como criterio de decisión, en este caso rechazamos la H_0 , es decir que existe al menos una diferencia entre las medias de los tratamientos.

Prueba Tukey con un nivel de significancia de 0.05

```
> W=qtukey(0.05, 5, 20, lower.tail=FALSE) *sqrt(77.21/(5*75))
> names(W)="W"
> W
      W
1.920225
```

HÍBRIDOS	MEDIAS (cm)	
GC172	19.47	a
GC514	19.30	a
GC513	18.89	a
GT529	18.10	a
GU8	13.28	b

ANÁLISIS DE ALTURA DEL PLANTÍN EN LA FASE DE RUSTIFICACIÓN

Estadística descriptiva

```
> resumen1
      medias1 desviol min1 max1
GC172  28.60   6.36  9.0 43.5
GC513  31.02   5.69 15.5 46.5
GC514  27.70   6.85 11.0 43.0
GT529  28.52   5.78 11.0 42.0
GU8    23.85   6.28  8.0 36.0
```

En el cuadro anterior, se observa que no hay ningún error de tipeo o fuera de contexto, por lo cual se continua con los análisis.

Prueba de normalidad

```
> # 4.f HOMOSCEDASTICIDAD: TEST DE LEVENE Y BARTLETT
> bartlett.test(altura ~ trat + band%in%trat, data=data)
```

```
Bartlett test of homogeneity of variances
```

```
data: altura by trat by band
Bartlett's K-squared = 6.5098, df = 4, p-value = 0.1642
```

Dado que “p” valor es mayor a 0.05, no rechazo la hipótesis nula, es decir existe homogeneidad de varianzas.

Análisis de varianza

```
> summary(ANAVA)
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
trat      4   8863  2215.67  66.0508 < 2.2e-16 ***
trat:band 19   3753   197.52   5.8882 1.623e-14 ***
Residuals 1418 47567    33.54
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
358 observations deleted due to missingness
>
> F= 2215.67/197.52
> p_valor=1-pf(F,19,4)
> (Fp=cbind(F, p_valor))
      F      p_valor
[1,] 11.21745 0.01524786
```

Como criterio de decisión se utilizó el valor de “p”, por lo cual en este caso rechazamos la hipótesis nula, es decir, existe al menos una diferencia entre las medias de los tratamientos para el parámetro en cuestión.

Prueba Tukey con un nivel de significancia de 0.05

```
> w4=qtukey(0.05, 5, 19,lower.tail=FALSE)*sqrt(197.52/(4*75))
> w5=qtukey(0.05, 5, 19,lower.tail=FALSE)*sqrt(197.52/(5*75))
> w4
[1] 3.450826
> w5
[1] 3.086512
```

HÍBRIDOS	MEDIAS(cm)	
GC513	31.02	a
GC172	28.60	ab
GT529	28.52	ab
GC514	27.7	b
GU8	23.85	d

ANÁLISIS DE DIÁMETRO DEL CUELLO EN LA FASE DE CRÍA

Estadística descriptiva

```
> resumen1
      medias1 desvio1 min1 max1
GC172    3.45    0.50  2.0  5.0
GC513    3.34    0.48  2.0  5.5
GC514    3.20    0.46  2.0  4.5
GT529    3.35    0.53  2.0  5.0
GU8      3.41    0.45  2.5  5.0
```

Se observa que no hay ningún error de tipeo o fuera de contexto, por lo cual se continua con los análisis.

Prueba de normalidad

```
> bartlett.test(sin(dac) ~ trat + band%in%trat, data=data)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  sin(dac) by trat by band
Bartlett's K-squared = 9.2244, df = 4, p-value = 0.05573
```

Dado que “p” valor es mayor a 0.05, no rechazo la hipótesis nula, es decir existe homogeneidad de varianzas.

Análisis de varianza

```
> summary(ANAVA)
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
trat      4  12.55   3.1374 14.3590 1.532e-11 ***
trat:band 19  33.91   1.7846   8.1676 < 2.2e-16 ***
Residuals 1773 387.39   0.2185
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
3 observations deleted due to missingness
> F= 3.1374/1.7846
> p_valor=1-pf(F,19,4)
> (Fp=cbind(F, p_valor))
      F p_valor
[1,] 1.758041 0.311615
```

Como criterio de decisión se utilizó el valor de “p”, por lo cual en este caso no rechazamos la hipótesis nula, es decir, no existen diferencias significativas para esta variable.

ANÁLISIS DE DIÁMETRO DEL CUELLO EN LA FASE DE RUSTIFICACIÓN

Estadística descriptiva

```
> resumen1
      medias1 desvio1 mini1 maxi1
GC172    4.14    0.56  2.5   6.0
GC513    3.82    0.54  2.0   5.5
GC514    3.52    0.56  2.0   5.0
GT529    3.82    0.53  2.0   5.0
GU8      3.81    0.50  3.0   5.0
```

Se observa que no hay ningún error de tipo o fuera de contexto, por lo cual se continua con los análisis.

Prueba de normalidad

```
> bartlett.test(dac ~ trat + band%in%trat, data=data)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  dac by trat by band
Bartlett's K-squared = 4.4937, df = 4, p-value = 0.3433
```

Dado que “p” valor es mayor a 0.05, no rechazo la hipótesis nula, es decir existe homogeneidad de varianzas.

Análisis de varianza

```
> summary(ANAVA)
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
trat      4  49.71  12.4272  45.8490 < 2.2e-16 ***
trat:band 19  30.33   1.5965   5.8902 1.599e-14 ***
Residuals 1418 384.34   0.2710
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
358 observations deleted due to missingness
> F= 12.4272/1.5965
> p_valor=1-pf(F,19,4)
> (Fp=cbind(F, p_valor))
      F      p_valor
[1,] 7.784028 0.02979071
```

Como criterio de decisión se utilizó el valor de “p”, por lo cual en este caso rechazamos la hipótesis nula, es decir, existe al menos una diferencia entre las medias de los tratamientos para el parámetro en cuestión.

Prueba Tukey

```
> W4=qtukey(0.05,5,19,lower.tail=FALSE)*sqrt(1.5965/(4*75))
> W5=qtukey(0.05,5,19,lower.tail=FALSE)*sqrt(1.5965/(5*75))
> W4
[1] 0.3102430
> W5
[1] 0.2774897
```

HÍBRIDOS	MEDIAS (mm)	
GC172	4.14	a
GC513	3.82	b
GT529	3.82	b
GU8	3.81	b
GC514	3.49	c

ANÁLISIS DEL PERÍODO FASE DE CRÍA-RUSTIFICACIÓN

Diferencia de altura

Estadística descriptiva

```
> resumen1
      medias1 desvio1 min1 max1
GC172    8.90    5.63    0 21.0
GC513   11.89    4.67    0 24.9
GC514   10.21    4.92    0 21.5
GT529   10.31    5.06    0 23.5
GU8     10.45    5.67    0 25.0
```

Prueba de normalidad

```
> bartlett.test((dif.h)^(1.61) ~ trat + band%in%trat, data=data)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  (dif.h)^(1.61) by trat by band
Bartlett's K-squared = 9.011, df = 4, p-value = 0.06083
```

Dado que “p” valor es mayor a 0.05, no rechazo la hipótesis nula, es decir existe homogeneidad de varianzas.

Nota: a los efectos de que exista homogeneidad de varianza y continuar con los análisis correspondientes se realiza una transformación, elevando la diferencia de altura al 1.66.

Análisis de varianza

```
> summary(ANAVA)
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
trat      4   1250  312.601  12.1016 1.126e-09 ***
trat:band 19   2290  120.517   4.6655 1.377e-10 ***
Residuals 1418  36629   25.831
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
358 observations deleted due to missingness
> F= 312.601/120.517
> p_valor=1-pf(F,19,4)
> (Fp=cbind(F, p_valor))
      F    p_valor
[1,] 2.593833 0.1837350
```

Como criterio de decisión se utilizó el valor de “p”, por lo cual en este caso aceptamos la hipótesis nula, es decir, no existen diferencia entre las medias de los tratamientos para el parámetro en cuestión.

Diferencia de diámetro de cuello

Estadística descriptiva

```
> resumen1
      medias1 desvio1 min1 max1
GC172    4.69    1.50    3    10
GC513    4.12    1.25    3    10
GC514    3.65    0.91    3     8
GT529    4.07    1.32    1    11
GÜ8      3.92    1.15    3    12
```

Análisis de varianza

```
> ajuste=lm(dif.dac ~ trat + band%in%trat, data=data)
> ANAVA=aov(ajuste)
> summary(ANAVA)
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
trat      4  152.85  38.212  26.338 < 2.2e-16 ***
trat:band 19  179.92   9.469   6.527 < 2.2e-16 ***
Residuals 1419 2058.70   1.451
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
357 observations deleted due to missingness
> F= 38.212/9.469
> p_valor=1-pf(F,19,4)
> (Fp=cbind(F, p_valor))
      F    p_valor
[1,] 4.035484 0.0925761
```

Como criterio de decisión se utilizó el valor de “p”, por lo cual en este caso aceptamos la hipótesis nula, es decir, no existen diferencia entre las medias de los tratamientos para el parámetro en cuestión.

SUPERVIVENCIA EN VIVERO

```
> anova(modelo2, test="Chisq")
Analysis of Deviance Table

Model: binomial, link: logit
Response: cbind(vivos, muertos)

Terms added sequentially (first to last)

          Df Deviance Resid. Df Resid. Dev P(>|Chi|)
NULL                24      178.59
Genotipos  4    49.629        20    128.97 4.315e-10 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

De esta manera se utiliza como criterio de decisión “p” valor, aceptamos la hipótesis nula, es decir, no existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos para este parámetro.

RESPUESTA AL AGREGADO DE UNA DOSIS EXTRA DE TRICHSOIL+BIOREND EN PLANTACIÓN

Supervivencia

```
> anova(modelo2, test="Chisq")
Analysis of Deviance Table

Model: binomial, link: logit

Response: cbind(vivos, muertos)

Terms added sequentially (first to last)

          Df Deviance Resid. Df Resid. Dev P(>|Chi|)
NULL                29      71.857
genotipo             4       8.6299    25      63.228  0.07105 .
tipo                 1       0.1866    24      63.041  0.66574
bloque              1       2.8241    23      60.217  0.09286 .
genotipo:tipo       4      11.0961    19      49.121  0.02550 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Utilizando como criterio de decisión “p” valor, no aceptamos la hipótesis nula, es decir, existen diferencias significativas entre los tratamientos, cabe mencionar que el “p” valor utilizado fue el correspondiente a la interacción genotipo: tratamiento, esto es, existen diferencias significativas entre los híbridos y los tratamientos (manejo). De esta manera se realizó una prueba de razón de verosimilitud.

IMÁGENES DE MUESTRAS PARA EL ANÁLISIS EN LABORATORIO DEL DEPARTAMENTO FORESTAL DE FACULTAD DE AGRONOMÍA



Híbrido GC172



Híbrido GC514



Híbrido GC513



Híbrido GU8



Híbrido GT529

EVALUCACIÓN DE CALIDAD VEGETAL ANTE CONDICIONES BAJAS TEMPERATURAS



Temperatura de -5°C en rustificación



Zona de rustificación



Bandejas heladas



Alambres en rustificación