

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS EN SEMILLA DE *EUCALYPTUS*

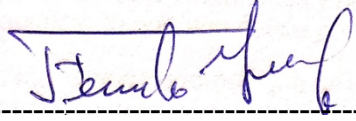
por

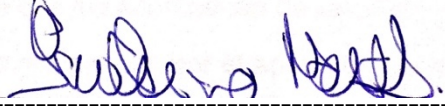
Ignacio FERRÁS FACCIO

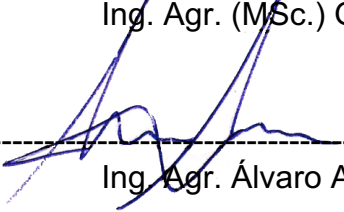
TESIS presentada como uno  
de los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2017

Tesis aprobada por:

Director:   
-----  
Ing. Agr. (MSc.) Fernando Irisity

  
-----  
Ing. Agr. (MSc.) Guillermo Moras

  
-----  
Ing. Agr. Álvaro Alonso

Fecha: 13 de febrero de 2017

Autor:   
-----  
Ignacio Ferrás Faccio

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a la gran familia que tengo, que sin ellos nada de esto habría pasado. Gracias a mi padre Luis, a mi madre Emma y a mi hermana Cecilia por el apoyo incondicional, por brindarme todo lo que siempre estuvo a la mano y aun en malos momentos y por enseñarme que hay veces que vale la pena sacrificar lo que uno quiere por causas justas.

Agradezco a todos mis parientes que de una u otra forma me acompañaron a lo largo de la carrera, gracias tíos, primos y abuelos. En especial a mi Tía Mary, abuela Pocha que siempre estuvieron apoyando y a mi abuelo Luis y Bebe que me acompañan de otro lugar.

Agradezco a mis amigos por el apoyo en cada momento tanto en las buenas como en las malas.

Gracias a mi compañera de vida Patricia por formar parte y por el apoyo incondicional que siempre se hizo presente.

Agradezco a mi tutores de tesis Ing. Agro Fernando Irisity e Ing. Agro Guillermo Moras por la paciencia y la dedicación.

A la empresa Montes del Plata por generar la oportunidad de poder realizar la tesis, y en especial a Ing. Agro Álvaro Alonso y a la Ing. Agro Julia Rebellato por su tiempo, dedicación en todo momento y su buena voluntad.

Agradezco a todos los encargados del Vivero de Montes de Plata y a su gran grupo humano por su ayuda indispensable para elaborar la tesis y su gran voluntad.

Agradecemos a la Lic. Sully Toledo por su indispensable aporte en la corrección de la tesis y su buena voluntad.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
1.1. <u>OBJETIVOS</u> .....	2
1.1.1. <u>Objetivo general</u> .....	2
1.1.2. <u>Objetivos específicos</u> .....	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1. <u>EUCALYPTUS DUNNII</u> .....	3
2.1.1. <u>Importancia del <i>Eucalyptus dunnii</i> en Uruguay</u> .....	4
2.1.2. <u>Características morfológicas <i>Eucalyptus dunnii</i></u> .....	5
2.1.3. <u>Semilla <i>Eucalyptus ssp</i></u> .....	5
2.1.3.1. <u>Importancia de la semilla en la silvicultura</u> .....	5
2.2. <u>GERMINACIÓN</u> .....	6
2.2.1. <u>Conceptos de germinación</u> .....	7
2.2.2. <u>Etapas de la germinación</u> .....	8
2.2.3. <u>Cuantificación de la germinación</u> .....	9
2.2.4. <u>Factores que controlan la germinación</u> .....	11
2.2.4.1. <u>Factores internos</u> .....	11
2.2.4.2. <u>Factores externos</u> .....	11
2.3. <u>DORMICIÓN</u> .....	15
2.3.1. <u>Conceptos de dormición</u> .....	16
2.3.2. <u>Tipos de dormición</u> .....	17
2.3.2.1. <u>Latencia exógena</u> .....	18
2.3.2.2. <u>Latencia endógena</u> .....	18
2.3.2.3. <u>Latencia combinada exógena-endógena</u> .....	19
2.3.3. <u>Factores que inciden en la dormición</u> .....	19
2.3.3.1. <u>Temperatura ambiente</u> .....	19
2.3.3.2. <u>Luz</u> .....	20
2.3.3.3. <u>Temperatura fluctuante</u> .....	20
2.4. <u>TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS</u> .....	20
2.4.1. <u>Estratificación</u> .....	21
2.4.2. <u>Escarificación</u> .....	21
2.4.3. <u>Imbibición en agua (lixiviación)</u> .....	23
2.4.4. <u>Combinación de tratamientos</u> .....	24

3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	27
3.1. <u>ENSAYO</u> .....	27
3.1.1. <u>Materiales</u> .....	27
3.1.2. <u>Tratamientos</u> .....	29
3.1.2.1. <u>Tratamiento 1</u> .....	30
3.1.2.2. <u>Tratamiento 2</u> .....	30
3.1.2.3. <u>Tratamiento 3</u> .....	30
3.1.2.4. <u>Tratamiento 4</u> .....	31
3.1.3. <u>Estructura del ensayo</u> .....	31
3.1.3.1. <u>Acondicionamiento del ensayo</u> .....	32
3.1.3.2. <u>Ensayo propiamente dicho</u> .....	35
3.1.4. <u>Siembra</u> .....	36
3.1.5. <u>Control</u> .....	38
3.2. <u>METODO ANALÍTICO</u> .....	38
3.2.1. <u>Diseño experimental</u> .....	39
4. <u>RESULTADOS</u> .....	41
4.1. <u>ANÁLISIS DE LOS DATOS</u> .....	41
4.2. <u>EVALUACIÓN CONTROL 1 (22/6/2016)</u> .....	43
4.3. <u>EVALUACIÓN CONTROL 2 (27/6/2016)</u> .....	44
4.3.1. <u>Análisis estadístico control 2</u> .....	44
4.4. <u>EVALUACIÓN CONTROL 3 (2/7/2016)</u> .....	46
4.4.1. <u>Análisis estadístico control 3</u> .....	47
4.5. <u>EVALUACIÓN CONTROL 4 (7/7/2016)</u> .....	50
4.5.1. <u>Análisis estadístico control 4</u> .....	50
4.6. <u>EVALUACIÓN CONTROL 5 (12/7/2016)</u> .....	53
4.6.1. <u>Análisis estadístico control 5</u> .....	53
4.7. <u>EVALUACIÓN CONTROL 6 (17/7/2016)</u> .....	55
4.7.1. <u>Análisis estadístico control 6</u> .....	55
4.7.2. <u>Contrastes</u> .....	58
4.7.3. <u>Uniformidad de germinación</u> .....	60
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	61
6. <u>RESUMEN</u> .....	66
7. <u>SUMMARY</u> .....	68
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	70
9. <u>ANEXOS</u> .....	73

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Escalas de tiempo y temperaturas.....	30
2. Referencia general de los 4 tratamientos.....	31
3. Unidades experimentales.....	32
4. Referencia de tratamientos.....	34
5. Cronograma ensayo.....	35
6. Controles.....	38
7. Análisis de la varianza conjunto de tratamientos.....	41
8. Test Tukey conjunto de tratamientos.....	42
9. Referencia totalidad de los tratamientos sembrados.....	43
10. Análisis de la varianza control 2.....	45
11. Test Tukey control 2.....	45
12. Análisis de la varianza control 3.....	47
13. Test Tukey control 3.....	47
14. Incremento germinación periodo 10 – 15 días dpi.....	48
15. Análisis de la varianza control 4.....	50
16. Test Tukey control 4.....	51
17. Análisis de la varianza control 5.....	53
18. Test Tukey control 5.....	54
19. Análisis de la varianza control 6.....	55
20. Test Tukey control 6.....	56
21. Contrastes.....	58

Figura No.

1. Distribución natural <i>Eucalyptus dunnii</i> .....	3
2. Etapas de germinación de semilla.....	9
3. Curva típica de germinación de semilla.....	10
4. Solapamiento de temperaturas ambientales y rango de temperatura de germinación.....	19
5. Corte longitudinal de una semilla de testa dura.....	22
6. Beneficios de la estratificación en frío como método para acelerar la germinación del pino de incienso ( <i>Pinus taeda</i> ).....	23
7. Esquema mostrando la serie de pasos a realizar en el proceso de escarificación con agua caliente .....	24
8. Efecto de varios tratamientos previos a la siembra sobre la germinación de la falsa acacia ( <i>Robinia pseudoacacia</i> ).....	25
9. Efecto de diversos tratamientos previos sobre la germinación de <i>Pinus elliotii</i> en Nuevo Gales del Sur.....	26
10. H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 30 y 20%.....	28
11. Caloventiladores - recipientes de 1 litro marcadores – sobres.....	29
12. Carpas de plástico con estructura rectangular.....	29
13. Infraestructura.....	33
14. Sobres marcados.....	33
15. Colocado de las semillas en los sobres.....	34
16. Registro cronológico del ensayo.....	35
17. Secado de los sobres.....	36
18. Coloración de la semilla.....	37

19. Siembra.....	37
20. Control 1 (22/6/2016).....	44
21. Control 2 (27/6/2016).....	46
22. Control 3 (2/7/2016).....	49
23. Control 4 (7/7/2016).....	52
24. Control 5 (12/7/2016).....	55
25. H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 20% - agua – H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 30% 48 horas.....	57
26. Control 6 (17/7/2016).....	60

Gráfico No.

1. % incremento germinación 15 días dpi.....	49
2. % incremento germinación 20 días dpi.....	52
3. Test de Tukey control 6.....	58
4. % incremento germinación 0 - 30 días dpi.....	60



## 1. INTRODUCCIÓN

La búsqueda de nuevos tratamientos pre-germinativos en semilla de *Eucalyptus dunnii* surge y se sustenta por la gran importancia que posee actualmente la especie y en la forestación del país; si bien gran parte de las plantaciones uruguayas provienen de propagación vegetativa mediante clones, se mantiene un gran porcentaje que proviene de material seminal. La búsqueda de mejoras en sus características y potencial, contribuyen en un aumento de su rentabilidad.

Este trabajo de tesis tiene como propósito, aportar nuevos conocimientos sobre la especie *Eucalyptus dunnii*, en torno a una de las propiedades más importantes, como lo es el poder germinativo de la semilla y su uniformidad. Esta propiedad es una de las principales características, ya que se encuentra relacionada con muchos aspectos tecnológicos y económicos.

El género *Eucalyptus* con más de 600 especies, subespecies y variedades adaptables a diversos climas, menos a los templados-fríos y boreales, representa actualmente uno de los géneros con gran importancia económica y social. Sin embargo, muy pocas de éstas especies son utilizadas con propósitos industriales.

Algunos atributos que tienen en su favor, como la capacidad de producir en periodos cortos de tiempo, grandes volúmenes de madera, de gran calidad tanto para la producción de pasta de celulosa como para su utilización en aserrío; recuperarse, mediante sus mecanismos defensivos, de la acción negativa del fuego, de la sequía y del ramoneo; utilizar suelos pobres, deteriorados por la erosión o por cultivos agrícolas conducidos en forma irracional; transformar formaciones vegetales de escaso valor económico en plantaciones rentables.

A partir de los últimos años de la década de los 80, comienza a desarrollarse la actividad forestal en forma creciente en nuestro país. La promulgación de la Ley No. 15.939 (ley forestal) el 28 de diciembre de 1987, impulsa el desarrollo del complejo forestal. Según Dirección General Forestal en el período 1975-2008 se han forestado bajo proyecto 81365 ha de *Eucalyptus dunnii* que representan el 11% del área total forestada del género *Eucalyptus* (MGAP. DIEA, 2015).

La expansión del rubro lleva consigo tanto la expansión territorial del cultivo, como la expansión tecnológica y la búsqueda constante de nuevos materiales. Nuevas técnicas para el aumento de la rentabilidad, las cuales se distribuyen a lo largo de la cadena forestal, desde la etapa de vivero hasta la producción de pulpa de celulosa en la industria.

Aunque los tratamientos de pre-siembra han sido investigados con éxito, en muchas especies no se conocen aún las causas exactas del retardo en la germinación de las semillas. El hombre a través de los siglos, ha tendido a la selección de semillas en la agricultura para acelerar la germinación, por ello en general, las especies cultivadas no tienen dormancia al momento de la siembra; similar evolución se ha dado en especies forestales; sin embargo, la eliminación total de la dormancia no se logrará mientras se desconozcan los procesos fisiológicos involucrados en la germinación retardada (Bonner, citado por Delfino y Nicoli, 1985).

Los tratamientos pre-germinativos, son todos aquellos procedimientos necesarios para romper la latencia de las semillas, esto es, el estado en que se encuentran algunas tal que, estando vivas, no son capaces de germinar sino hasta que las condiciones del medio sean las adecuadas para ello (Arnold, citado por Varela y Arana, 2011).

## 1.1. OBJETIVOS

### 1.1.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de diferentes tratamientos pre-germinativos en el índice de germinación de la especie *Eucalyptus dunnii*.

### 1.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar la uniformidad de germinación de la especie *Eucalyptus dunnii*.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. *EUCALYPTUS DUNNII*

El *Eucalyptus dunnii* es una especie que crece naturalmente en una área pequeña en el ángulo nordeste de Nueva Gales del Sur, y sudeste de Queensland; en la región central-este de Australia, entre los grados 28°-30°15' S de latitud. En zonas continentales con alturas de entre 300 a 750 m sobre el nivel del mar. Se caracteriza por tener un clima templado, húmedo, con un promedio de temperaturas máximas de 27-30 ° C. y mínimas de 0-3 ° C., con hasta 60 heladas por año, y precipitaciones estivales del orden de 1000 a 1750 mm anuales (Brussa, 1994).

Figura No. 1. Distribución natural

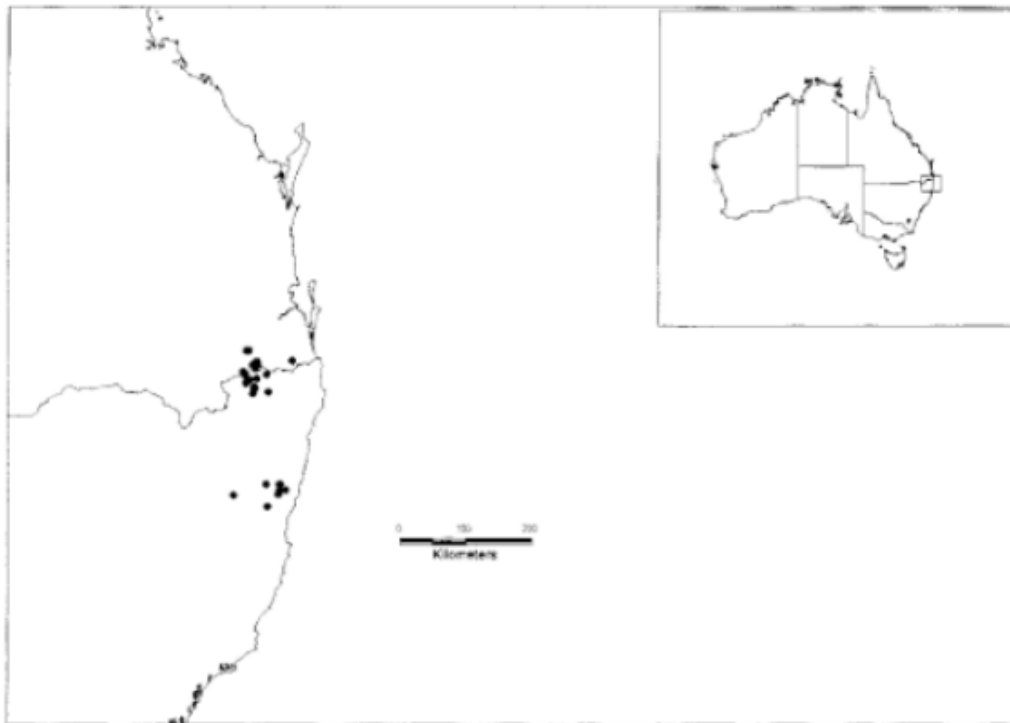


Figura No. 1. Mapa de área de distribución natural de *Eucalyptus dunnii* (Fuente: Jovanovic et al., 2000).

A pesar de la limitada área de distribución natural, la especie presenta importante variabilidad genética. Las fuentes más importantes de esta variación se derivan de diferencias entre las familias dentro de las procedencias de las especies (Arnold et al., citados por Jovanovic et al., 2000).

La variabilidad existente dentro de la especie dispone de un potencial recurso de selección y mejora genética para la adaptación y el crecimiento de las plantaciones (Jovanovic et al., 2000).

Crece en suelos de alta fertilidad, buena capacidad de retención de agua y aireación, siendo sensible al mal drenaje (Brussa, 1994).

Se trata de una especie muy apropiada para producción de pasta de celulosa, presentando buena conformación en cuanto a rectitud de fuste en caso de desarrollarse en condiciones óptimas. Actualmente representa una muy buena alternativa para utilizarlo como forestal debido a su excelente combinación entre buen crecimiento, adaptabilidad y buenas propiedades papeleras.

#### 2.1.1. Importancia del *Eucalyptus dunnii* en Uruguay

En Uruguay *Eucalyptus dunnii* se encuentra cultivado en plantaciones comerciales, debido a su buena adaptación, tolerancia al frío y muy buenas características pulpables (alta densidad) y regulares para el aserrado (alto índice de rajaduras, Marcó, citado por De Souza y Grasso, 2012). Debido a estas características se considera una especie promisoría, por lo cual muchas de las empresas productoras de pasta de celulosa están realizando un cambio de especie. Sustitución del *Eucalyptus globulus* debido a sus problemas sanitarios por falta de adaptación (afectados por problemas con la *Micosphaerella*), por el *Eucalyptus dunnii* que puedan abastecer la demanda a largo plazo de las plantas de celulosa.<sup>1</sup>

*Eucalyptus dunnii* se presenta en la actualidad como una alternativa interesante, debido a que combina características de buen crecimiento, rectitud de fuste, buenas cualidades para la producción de pulpa para papel y algunos usos finales de la madera sólida, además presenta tolerancia a las heladas (Jovanovic et al., citados por De Souza y Grasso, 2012).

Esta especie tiene un gran potencial, por sus niveles de densidad y rendimiento en pulpa relativamente altos (Backman y García de León, citados por Assanelli y Godiño, 2010). Con respecto a su comportamiento forestal, el *Eucalyptus dunnii* ha demostrado muy buena productividad y una gran capacidad de adaptación a diversos ambientes, siendo una especie útil para posiciones topográficas bajas debido a su relativa tolerancia a las heladas (Balmelli y Resquín, 2006).

En nuestro país es una especie usada en plantaciones de otoño, dada sus características de menor susceptibilidad a heladas comparado con

---

<sup>1</sup> Escudero, R. 2016. Com. personal.

*Eucalyptus grandis*. Según Dirección General Forestal en el período 1975-2008 en Uruguay, se han forestado bajo proyecto 81365 ha de *Eucalyptus dunnii* que representan el 11% del área total forestada del género *Eucalyptus* (MGAP. DIEA, 2015).

Uno de los problemas que presenta esta especie, es la baja cantidad de semillas que produce, presenta una demora en su madurez fisiológica. En el litoral (al norte del Río Negro) hay evidencias de que ésta especie comenzó a florecer recién al 9º año y la floración presenta una alternancia de aproximadamente dos años.

En la actualidad, la mayor parte de la demanda de semillas de *Eucalyptus dunnii* se satisface a través de la importación desde su zona de origen en Australia.

#### 2.1.2. Características morfológicas *Eucalyptus dunnii*

*Eucalyptus dunnii* Maiden (*Myrtaceae*) es un árbol de fuste recto, follaje denso, péndulo. Corteza persistente en la base del tronco, escamosa, castaño grisácea; en el resto del tronco caduca en largas fajas, ritidoma grisáceo a crema. Primeras hojas opuestas; las juveniles opuestas o subopuestas, pecioladas, ovales a elípticas, ápice agudo mucronado, base cordada o redondeada, verdes netamente discoloras. Las intermedias alternas, pecioladas, oval-lanceoladas o ampliamente lanceoladas, ápice agudo acuminado, base redondeada a amplia cuneada, verdes levemente discoloras. Adultas alternas, pecioladas, lanceoladas, ápice agudo, acuminado, base cuneada, levemente discoloras a concoloras; nervaduras secundarias oblicuas. Flores dispuestas en inflorescencias simples, axilares, con pedúnculos achatados; botones florales ovoides, con pedicelos angulosos, opérculo levemente rostrado, más largo que el hipantio. Florece a fines de primavera y en verano. Frutos hemisféricos, disco convexo, notorio, excerto; valvas salientes, anchas y fuertes (Brussa, 1994).

Como característica distintiva posee una corteza lisa en casi todo el tronco; hojas juveniles ovales o elípticas de base muchas veces cordadas; intermedias de hasta 30 cm de largo; flores en inflorescencias simples, axilares, frutos hemisféricos, con fuertes valvas excertas (Brussa, 1994).

#### 2.1.3. Semilla *Eucalyptus* ssp.

##### 2.1.3.1. Importancia de la semilla en la silvicultura

Las plantaciones forestales son un poderoso instrumento del que disponen los ingenieros forestales en sus permanentes esfuerzos por elevar la

productividad por unidad de superficie, la única manera de conciliar la creciente demanda de productos y servicios forestales, por un lado, con el descenso de la superficie de tierra dedicada a la silvicultura por otro. La combinación de una preparación intensiva del terreno con la utilización de material de vivero uniforme y bien desarrollado, plantado con un espaciamiento uniforme, incrementa el crecimiento y el rendimiento, reduce la duración de la rotación, facilita los cuidados y la cosecha y mejora la calidad y uniformidad de la madera en comparación con el bosque natural. Las plantaciones ofrecen también la posibilidad de utilizar a gran escala el material genéticamente mejorado que obtienen los fitogenetistas. Aunque no se trata de sustituir indiscriminadamente todo el bosque natural por plantaciones, la utilización sensata de éstas puede reducir por sí misma, al ofrecer otra posible fuente de productos forestales, la presión que se ejerce sobre el bosque natural que aún existe y de esa manera contribuir a conservarlo como hábitat y fuente de diversidad genética.

Las plantaciones no sólo desempeñan un importante papel como productoras de madera para construcción y para pulpa y paneles a base de madera para las industrias forestales; también en muchos países son importantes localmente las plantaciones para obtener leña y postes y los bosques de granja. La plantación de árboles no se limita a las plantaciones en bloque. La plantación de cortinas cortavientos y la plantación dispersa para estabilizar el suelo, mejorar el hábitat, construir lugares de ocio urbanos y rurales o como parte de un sistema agrosilvícola son otros tantos tipos de plantación que redundan en beneficio del medio ambiente del ser humano (Willan, s.f.).

## 2.2. GERMINACIÓN

Las nuevas plantas formadas a través de la reproducción sexual comienzan como un embrión en la semilla que comienza a formarse en la planta madre, que se origina a su vez del óvulo. Al madurar las semillas, se transforman en el vehículo de dispersión. Para que estas semillas den origen a nuevas plantas debe darse la germinación, el pasaje de una semilla en reposo a una con alto nivel de metabolismo, que lleva a la emergencia de la nueva plántula (Vernengo, 2000).

La germinación consiste en tres procesos parcialmente simultáneos: 1) absorción de agua, principalmente por imbibición, que hace que la semilla se hinche y acabe abriéndose la cubierta seminal; 2) actividad enzimática e incremento de las tasas de respiración y asimilación, que indican la utilización de alimento almacenado y su transposición a las zonas en crecimiento; 3)

engrandecimiento y divisiones celulares que tienen como consecuencia la aparición de la radícula y la plúmula (Evenari, citado por Willan, s.f.).

### 2.2.1. Conceptos de germinación

La germinación involucra todos aquellos procesos que comienzan con la absorción de agua por la semilla quiescente, y terminan con la elongación del eje embrionario. La señal visible de la finalización de la germinación es, en general, es la emergencia de la radícula embrionaria a través de la cubiertas seminales, aunque en el ámbito de la producción es aceptado que la señal de la germinación suele tomarse como visualización de la plántula viable emergiendo del suelo (Varela y Arana, 2011).

Mayer et al., citados por Vernengo (2000) definen la germinación como los pasos consecutivos que hacen que una semilla quiescente (capaz de germinar pero en reposo), con un bajo nivel de humedad, muestre un aumento en su actividad metabólica general e iniciar el desarrollo de una plántula a partir del embrión. Agregan además que el momento en que termina la germinación y comienza el crecimiento es sumamente difícil de definir, ya que se identifica la germinación con la emergencia de una parte del embrión por fuera de la cubierta de la semilla.

Según García Breijo et al., citados por Damboriarena y García Pintos (2010) el proceso de germinación es la recuperación de la actividad biológica por parte de la semilla, en donde es necesario que se den una serie de condiciones ambientales favorables como un sustrato húmedo, suficiente cantidad de oxígeno que permita la respiración anaeróbica y una temperatura adecuada para los distintos procesos metabólicos y para el desarrollo de la plántula.

Muchas veces se considera que la germinación es la emergencia de la plántula – la radícula o el epicótilo- de la semilla. En términos estrictamente fisiológicos, *“la germinación comienza con la absorción de agua por parte de la semilla (imbibición) y termina con el comienzo de la elongación del eje embrionario, usualmente la radícula”* Bewley y Black, citados por Vernengo (2000).

La germinación incorpora aquellos eventos que se inician con la absorción de agua por la semilla seca y terminan con la elongación del eje embrionario. El proceso concluye cuando la radícula penetra y atraviesa las estructuras que rodean al embrión, lo que frecuentemente se conoce como germinación visible (Herrera et al., 2006). Mientras que Black et al., citados por

Damboriarena y García Pintos (2010), definen al periodo de germinación en sentido estricto como el tiempo entre la imbibición de agua por la semilla y la emergencia de la radícula.

Del mismo modo que la fecundación inicia la transformación del óvulo en la semilla madura, así la germinación transforma el embrión contenido en la semilla en el germen independiente. A efectos de los ensayos de laboratorio, la germinación se define como el surgimiento y desarrollo, a partir del embrión de la semilla, de las estructuras esenciales que indican la capacidad de la semilla para producir una planta normal en condiciones favorables (Justice, citado por Willan, s.f.).

### 2.2.2. Etapas de la germinación

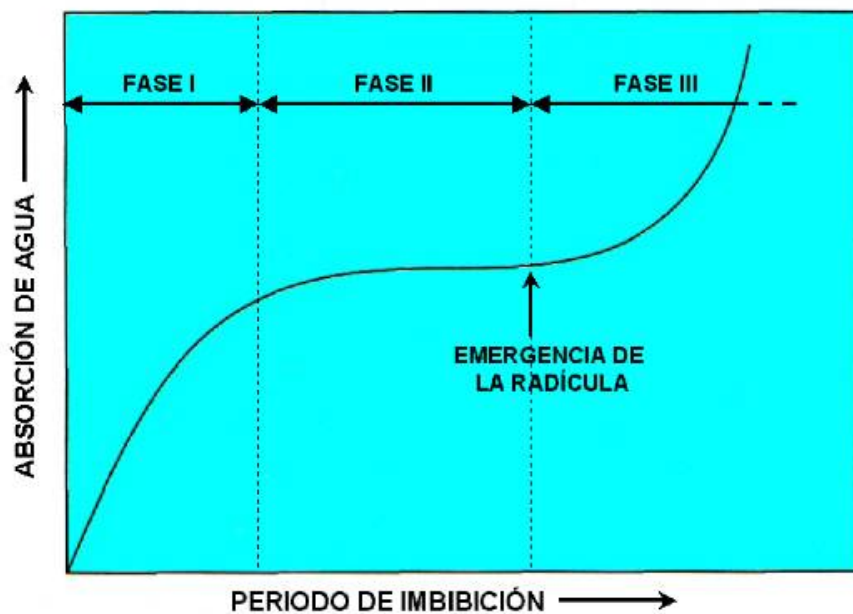
Herrera et al., citados por Damboriarena y García Pintos (2010), en su revisión sobre este tema mencionan que en el proceso de germinación se distinguen 3 etapas. En la primera etapa ocurre la imbibición. Durante esta fase se produce una intensa absorción de agua por parte de los distintos tejidos que forman la semilla. Consiste en la absorción del agua necesaria para la rehidratación de proteínas y organelos celulares, así como para el transporte y para que ocurran las reacciones hidrolíticas. En la segunda fase se produce la activación del metabolismo o germinación, en esta se producen las transformaciones metabólicas, necesarias para el correcto desarrollo de la plántula. En esta fase la absorción de agua se reduce considerablemente llegando incluso a detenerse. Aquí ocurre la síntesis de ácido nucleico y proteínas. También se incrementan las actividades enzimáticas así como la degradación inicial de las reservas. La tercera y última fase tiene lugar la emergencia de la radícula concluyendo el proceso germinativo ya que el crecimiento subsecuente se considera un proceso separado. En esta fase la absorción de agua vuelve a aumentar así como la actividad respiratoria.

La duración de cada una de estas fases depende de ciertas propiedades de las semillas, como su contenido de compuestos hidratables y la permeabilidad de las cubiertas al agua y al oxígeno. Estas fases también están afectadas por las condiciones del medio, como el nivel de humedad, las características y composición del sustrato, la temperatura, etc. Otro aspecto interesante es la relación de estas fases con el metabolismo de la semilla. Sin embargo en las semillas viables su metabolismo se activa por la hidratación. La segunda fase constituye un periodo de metabolismo activo previo a la germinación de las semillas viables o de inicio de las semillas muertas. La tercera fase se produce solo en semillas que germinan y obviamente se asocia a una fuerte actividad metabólica que comprende el inicio del crecimiento de la



plántula y la movilización de reservas. Por tanto los factores externos que activan el metabolismo, como la temperatura, tienen un efecto estimulante en la última fase. En las dos primeras fases de la germinación los procesos son reversibles, a partir de la fase de crecimiento se entra en una situación fisiológica irreversible (García Breijo et al., citados por Damboriarena y García Pintos, 2010).

Figura No. 2. Etapas de germinación de semilla



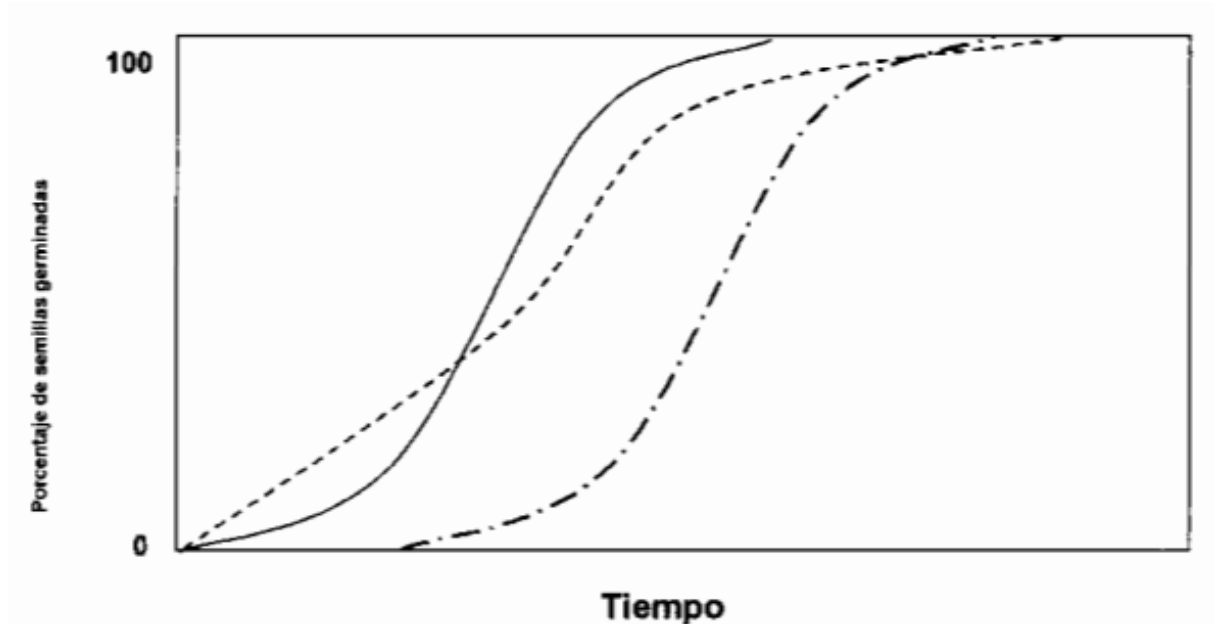
Fuente: Azcón-Bieto y Talón (2000), Marassi (2009).

### 2.2.3. Cuantificación de la germinación

En cuanto a la medición de la germinación, actualmente en el mercado no existen marcadores bioquímicos precisos para cuantificar con un grado alto de exactitud el nivel de germinación. Como mecanismo provisorio se utiliza y se trata de correlacionar la absorción de agua o la respiración, para poder generar una idea del grado de germinación de la semilla.

El único mecanismo que se puede medir con exactitud, es la emergencia del eje embrionario. Por lo cual actualmente en el mundo los test de germinación que se realizan cuantifican este mecanismo recién mencionado, donde la germinación ha finalizado.

Figura No. 3. Curva típica de germinación de semilla



Fuente: Vernengo (2000).

Del gráfico se extrae que solo un pequeño porcentaje de semillas germinan en torno a los primeros días, y que su porcentaje restante lo va realizando desfasado en el tiempo. Por lo tanto la tasa de germinación va incrementándose hasta completar el proceso de germinación de las últimas semillas. En especies forestales este proceso generalmente abarca 30-40 días.

Teóricamente la curva de germinación posee esta distribución sigmoidea, pero no en la mayoría de los casos alcanza un 100 % de germinación, y en estos casos se dice que la semilla tiene un bajo porcentaje de germinación, por lo tanto se obtendrá un número menor de plántulas germinadas en comparación al número inicial de semillas. Este bajo porcentaje de germinación puede estar dado a características propias de la semilla, dormancia o a condiciones ambientales que no sean óptimas para el proceso de germinación.

Los factores más importantes que afectan la curva de distribución de la germinación se asocian a la uniformidad (sincronía de germinación de la semilla) y a la tasa de germinación. Por lo tanto trabajar sobre estos dos factores se estaría modificando e influyendo sobre la curva de respuestas de la semilla a la germinación.

#### 2.2.4. Factores que controlan la germinación

Los factores que afectan a la germinación los podemos dividir en dos tipos, factores internos (endógenos) y externos (exógenos). Los internos o intrínsecos son los propios de la semilla, madurez y viabilidad de las semillas, mientras que los externos o extrínsecos son los que dependen del ambiente, agua, temperatura y gases (García Breijo et al., 2006).

##### 2.2.4.1. Factores internos

Entre los factores internos o endógenos Come, citado por Damboriarena y García Pintos (2010), menciona que la incapacidad para germinar está dada por dos grandes categorías de semillas. La primera se conoce como inhibición tegumentaria de la germinación, la conforman aquellas en donde los tegumentos impiden que el embrión pueda germinar, y en donde la extracción del embrión permite su crecimiento inmediato. La segunda integra aquellas semillas donde es el embrión el que presenta la inhibición; y aunque este órgano se separe de las estructuras de la semilla no podrá realizar el proceso de germinación. Se habla entonces de latencia embrionaria.

García Breijo et al. (2006), clasifican los factores internos a aquellos propios de la semilla como son madurez y viabilidad. La madurez morfológica se consigue cuando las distintas estructuras de la semilla han completado su desarrollo, dándose por finalizada cuando el embrión ha alcanzado su máximo desarrollo. Aunque la semilla sea morfológicamente madura, muchas de ellas pueden seguir siendo incapaces de germinar porque necesitan experimentar aun una serie de transformaciones fisiológicas. La madurez fisiológica se alcanza al mismo tiempo que la morfológica, o bien puede haber una diferencia de semanas, meses y hasta años entre ambas.

##### 2.2.4.2. Factores externos

Según Benech-Arnold et al. (2000), en semillas que no están en dormición existen tres factores que controlan la germinación: la temperatura, la disponibilidad de agua y la disponibilidad de oxígeno.

La velocidad de germinación de las semillas depende de varios factores ambientales que actúan en forma continua y por periodos prolongados. Entre los más importantes se encuentran la disponibilidad de agua, la temperatura, el oxígeno, el dióxido de carbono y la disponibilidad de luz. Cada uno de estos factores puede inhibir o estimular la germinación, por lo que el efecto

combinado de todos ellos determinará la duración y la tasa de germinación (Herrera et al., citados por Damboriarena y García Pintos, 2010).

A continuación se listarán los principales factores externos que inciden sobre la germinación.

- Temperatura

La temperatura es un factor decisivo en el proceso de la germinación, ya que influye sobre las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla después de la rehidratación. La actividad de cada enzima tiene lugar entre un máximo y un mínimo de temperatura, existiendo un óptimo intermedio. Del mismo modo, en el proceso de germinación pueden establecerse unos límites similares. Por ello, las semillas sólo germinan dentro de un cierto margen de temperatura. Si la temperatura es muy alta o muy baja, la germinación no tiene lugar aunque las demás condiciones sean favorables (Marassi, 2009).

Las diversas fases que comprende el complejo proceso de germinación de las semillas son afectadas individualmente por la temperatura. La temperatura afecta tanto a las propiedades del suelo con respecto al agua y la actividad biológica de la semilla. La temperatura del suelo presenta gran variación tanto diaria como estacional, y es dependiente de la humedad, estructura y color del suelo, además del aspecto del sitio y la latitud del mismo (Marshall et al., Van Wijk, citados por Benech – Arnold y Sánchez, 2004).

La influencia de la temperatura sobre la germinación de las semillas presenta una relación estrecha con el centro de origen de la especie. Los requerimientos de temperatura son especialmente importantes para la ruptura de los procesos de latencia; las semillas de climas templados requieren de temperaturas frías por periodos prolongados para iniciar la germinación, mientras que las semillas tropicales es común la necesidad de altas temperaturas para interrumpir el reposo (Herrera et al., citados por Damboriarena y García Pintos, 2010).

Las semillas de especies tropicales suelen germinar mejor a temperaturas elevadas, superiores a 25°C. Las máximas temperaturas están entre 40°C y 50°C Sin embargo, las semillas de las especies de las zonas frías germinan mejor a temperaturas bajas, entre 5°C y 15°C y las especies alpinas, que pueden germinar a 0°C (Marassi, 2009).

- Condiciones hídricas

La absorción de agua es el primer paso, y el más importante, que tiene lugar durante la germinación; porque para que la semilla recupere su metabolismo es necesaria la rehidratación de sus tejidos.

Las pequeñas cantidades de agua necesarias para la germinación dependen del genoma de la semilla y sus componentes individuales. Los diferentes órganos y tejidos difieren en su estructura física interna, sus propiedades bioquímicas, y la composición química, por lo tanto, pueden diferir en su retención de agua, distribución y propiedades de hinchamiento (Bewley y Black, Koller y Hadas, citados por Benech - Arnold y Sánchez, 2004).

El agua absorbida por la semilla es un pre-requisito para la germinación, y bajo condiciones normales, el agua tomada del suelo húmedo depende de las propiedades del agua, de la semilla y el suelo (Hegarty, citado por Damboriarena y García Pintos, 2010).

Según Benech – Arnold y Sánchez (2004), la absorción de agua por las semillas se caracteriza por tres fases. La fase inicial es la captación de agua, la fase de imbibición, y es dependiente del contacto suelo-semilla, la composición de la semilla, y la geometría de la cubierta de la semilla y sus propiedades. La segunda fase, la fase de transición, se caracteriza por una baja tasa de absorción de agua casi insignificante. La tercera fase, la fase de crecimiento, se caracteriza por un rápido incremento exponencial de la tasa de absorción de agua, acompañada por la aparición de la radícula.

La segunda fase, también conocida como fase de pausa, el contenido de humedad de la semilla, la tasa de respiración y la morfología permanecen sin cambios. Sin embargo una variedad de procesos metabólicos son activados, habiendo diferencias según el nivel de hidratación de las semillas. Durante esta fase cualquier condición ambiental adversa puede dar lugar al secado de las semillas, y por lo tanto un estrés hídrico puede perjudicar, retardar y hasta inhibir la germinación. De acuerdo a Bradford, citado por Benech – Arnold y Sánchez (2004), la fase de transición puede ser considerada como la germinación ya que su duración influye en el tiempo de inicio y en el grado de crecimiento de la radícula.

En general se acepta que para germinar, una semilla debe llegar a un contenido mínimo de agua conocido como el nivel de hidratación crítica, definida como la mínima cantidad de agua tomada por una semilla que va a inducir la germinación. El potencial hídrico crítico se define como el potencial externo por debajo del cual las semillas no pueden alcanzar el nivel de hidratación crítica. Semillas completamente embebidas pueden germinar y

empezar a crecer, incluso cuando el potencial hídrico del suelo está muy por debajo del valor crítico (Braford, citado por Benech – Arnold y Sánchez, 2004).

Aunque es necesaria el agua para la rehidratación de las semillas, un exceso de la misma actuaría desfavorablemente para la germinación, pues dificultaría la llegada de oxígeno al embrión (Marassi, 2009).

- Oxígeno

El oxígeno es uno de los requerimientos importantes para la germinación de semillas que no están en dormición, junto con la disponibilidad de agua y temperaturas adecuadas (Benech – Arnold, citado por Vernengo, 2000).

La mayor parte de las semillas requieren para su germinación un medio suficientemente aireado que permita una adecuada disponibilidad de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. De esta forma el embrión obtiene la energía imprescindible para mantener sus actividades metabólicas (Marassi, 2009).

La mayor parte de las semillas requieren para su germinación un medio suficientemente aireado que permita una adecuada disponibilidad de oxígeno y dióxido de carbono. De esta forma el embrión obtiene la energía imprescindible para mantener su energía metabólica (García Breijo et al., 2006).

Bajos niveles de oxígeno disponible reducen o impiden la germinación en la mayoría de las especies. El aporte de oxígeno para soportar la actividad metabólica se torna decisivo en etapas muy tempranas de la germinación, indicado por un fuerte aumento de la tasa de respiración de la semilla (Damboriarena y García Pintos, 2010).

El dióxido de carbono, en concentraciones mayores a la normal posee un efecto negativo en la germinación, actúa inhibiendo dicho proceso.

Por lo general, en el suelo las concentraciones bajas de oxígeno y altas de dióxido de carbono que afectan negativamente la germinación ocurren raramente (Bewely y Black, citados por Vernengo, 2000).

- Control hormonal

El ácido abscísico (ABA) regula los eventos claves durante la formación de las semillas, tales como almacenamiento de reservas, prevención de germinación precoz, adquisición de tolerancia a la desecación e inducción a la dormancia primaria (Finkelstein y Rock, citados por Damboriarena y García Pintos, 2010).

Los cambios dinámicos en la biosíntesis de ABA y el catabolismo de la hormona de señalización provocan cambios que afectan la expresión de los genes, y así regulan puntos de control crítico durante el ciclo de vida de la planta, incluyendo la transición de dormancia a germinación y de germinación a crecimiento (Nambara y Marion, citados por Damboriarena y García Pintos, 2010).

Generalmente el contenido de ácido abscísico en la semilla es bajo en las primeras etapas de desarrollo, y luego comienza a aumentar, alcanzando el máximo en la mitad de la maduración. Los niveles de ABA decrecen durante el desarrollo tardío, particularmente durante la fase que va desde maduración hasta secado (Bewley y Black, citados por Damboriarena y García Pintos, 2010).

- Nitrato de potasio

Los nitratos son el mayor componente inorgánico del suelo estimulando la germinación de semillas y son numerosas las especies tanto mono como dicotiledoneas en las que se ha comprobado este efecto (Bouwmeester y Karssen, citados Damboriarena y García Pintos, 2010).

Según Espeby (1989) la concentración es normalmente mayor en la superficie del suelo y al comienzo de las estaciones de mayores crecimientos.

Vincent y Roberts, citados por Baskin y Baskin (2001) mencionan que en muchas especies de malezas se ha demostrado una fuerte interacción entre nitratos y la luz en la germinación, mientras que Sharma y Amritphale, citados por Baskin y Baskin (2001) sostienen que tratamientos con  $\text{KNO}_3$  incrementan su germinación solamente con luz, pero no en la oscuridad.

### 2.3. DORMICIÓN

En particular, en el sector forestal se utiliza la palabra latencia, la cual proviene del latín “latensis” y significa oculto, escondido o aparentemente inactivo para referirse a esta incapacidad de la semilla a germinar, la cual puede constituir un problema por ejemplo para los programas de producción de plántulas en vivero. La latencia se establece durante la formación de la semilla, y posee una importante función que consiste en restringir la germinación en la planta madre antes de su dispersión en el campo. Además, se considera que la latencia es una adaptación que contribuye a la supervivencia del individuo, ya que restringe la germinación cuando los factores ambientales son desfavorables para el desarrollo de la plántula (Varela y Arana, 2011).

El nivel de latencia varía con la procedencia de las semillas, con el año de cosecha y varía incluso dentro de un mismo lote de semillas, de manera que

en condiciones naturales, la emergencia de las plántulas ocurre en “pulsos” en un rango del espacio y el tiempo, lo que favorece el desarrollo de los nuevos individuos en ambientes ligeramente distintos, contribuyendo así las posibilidades de regeneración y supervivencia de la especie (Varela y Arana, 2011).

### 2.3.1. Conceptos de dormición

Se han encontrado tantas definiciones de dormición como autores en las diferentes bibliografías, por lo tanto se presentaran diferentes enfoques de germinación provistos por diferentes autores.

Según Varela y Arana (2011) la dormición, latencia o letargo es definido como la incapacidad de una semilla intacta y viable, de germinar bajo condiciones de temperatura, humedad y concentración de gases que serían adecuadas para la germinación.

La definición frecuentemente usada para dormancia es la ausencia de germinación de una semilla viable bajo condiciones que son favorables para la germinación. Sin embargo esta definición tampoco es perfecta ya que se puede interpretar de varias formas (Harper, 1959).

Según Benech-Armold et al. (2000) definen la dormición en términos similares, como una condición interna de la semilla que impide su germinación en condiciones hídricas, térmicas y gaseosas que de otra manera serian adecuadas para ello.

Simpson, citado por Vernengo (2000), considera que la dormición es *“una falta temporal en la germinación de una semilla viable, luego de un periodo de tiempo determinado, en unas condiciones ambientales particulares que más adelante, cuando el estado restrictivo ha desaparecido por causas naturales o artificiales”* permiten la germinación, lo que representa una continuación de la idea original de Harper.

Dormición y germinación son diferentes procesos, y debería ser posible predecirlos y analizarlos separadamente. Funcionan a escala de tiempo diferentes y son afectadas ambientales diferentes. Aún en el caso de que esos factores actúen sobre ambos procesos, los valores son diferentes. En especies anuales estivales, por ejemplo, la atenuación de la dormición ocurre a bajas temperaturas, mientras que el óptimo para la germinación se da a temperaturas más altas. En forma análoga, es común que en especies anuales invernales se da la atenuación de la dormición a altas temperaturas, mientras que la temperaturas optimas de germinación son bajas (Benech-Armold et al., 2000).



Otro significado del término dormancia hace referencia a que algunas semillas se desarrollan durmientes dentro del fruto, otras alcanzan la dormancia ya libres y en otras, la dormancia es impuesta (Gouvea, citado por Delfino y Nicoli, 1985).

Según Krugman, citado por Delfino y Nicoli (1985) la dormancia es el resultado de la interacción entre las condiciones ambientales y las características hereditarias de las plantas.

### 2.3.2. Tipos de dormición

Es importante destacar que existe un amplio rango de intensidades de latencia, que va desde la latencia absoluta, en la cual la germinación no se produce bajo ninguna condición, pasando por intensidades intermedias, donde las semillas pueden germinar en un rango estrecho de condiciones ambientales (por ejemplo cuando se incuban a cierta temperatura), hasta el extremo donde no hay latencia, y las semillas pueden germinar en un amplio rango de condiciones ambientales. Es necesario tener en cuenta que la latencia es un proceso dinámico. La intensidad de la latencia se encuentra influenciada por varios factores ambientales como ser la temperatura, la humedad y el ambiente gaseoso, y a medida que el grado de latencia disminuye, se amplía el rango de condiciones ambientales que permiten la germinación (Varela y Arana, 2011).

Fenner, citado por Vernengo (2000) define tres tipos de dormición en base al origen del fenómeno: dormición innata, dormición forzada y dormición inducida o secundaria. Llama dormición innata a la que las semillas poseen al ser liberadas de la planta madre, dormición forzada a la que ocurre cuando las semillas se ven privadas de las condiciones adecuadas (falta de humedad, oxígeno, temperatura adecuada) para la germinación y dormición inducida a la adquirida por semillas maduras (capaces de germinar) que no encuentran las condiciones adecuadas para ello.

Según Baskin y Baskin (1985) hablan de dormición innata cuando las semillas no germinan en ninguna condición ambiental adecuada para ello y se refieren a semillas no dormidas a las que germinan en el rango más amplio de condiciones. Entre ambos extremos se da según los autores el proceso de maduración, durante el cual se da una dormición condicional. Esta implica que la germinación se da únicamente en un rango limitado de condiciones ambientales. Por otro lado se refieren a dormición primaria (la que tienen las semillas maduras en la planta madre) y a dormición secundaria como la que adquieren semillas maduras en las que se reinduce la dormición bajo ciertas condiciones.

Otros autores afirman que la latencia puede ser de varios tipos distintos, y a veces la misma semilla presenta más de un tipo. La clasificación más sencilla distingue entre: (1) latencia exógena o del pericarpo/cubierta seminal; (2) latencia endógena o del embrión, y (3) latencia combinada, en la que la latencia afecta al mismo tiempo a la cubierta seminal y al embrión (Willan, s.f.).

#### 2.3.2.1. Latencia exógena

Según Varela y Arana (2011) se distinguen tres tipos de latencia dentro de este grupo, las cuales corresponden a latencia física, latencia mecánica y latencia química.

- Latencia física: característica de un gran número de especies de plantas, en las cuales la cubierta seminal o secciones endurecidas de otras cubiertas de la semilla son impermeables. El embrión está encerrado dentro de una cubierta impermeable que puede preservar las semillas con bajo contenido de humedad durante varios años, aún con temperaturas elevadas (Varela y Arana, 2011).

- Latencia mecánica: en ésta categoría las cubiertas de las semillas son demasiado duras para permitir que el embrión se expanda durante la germinación. Probablemente éste factor no es la única causa de la latencia, ya en la mayoría de los casos se combina con otros tipos para retardar la germinación.

- Latencia química: corresponde a la producción y acumulación de sustancias químicas que inhiben la germinación, ya sea en el fruto o en las cubiertas de las semillas.

#### 2.3.2.2. Latencia endógena

La latencia endógena viene determinada por características anatómicas, morfológicas y fisiológicas del propio embrión (latencia embrionaria).

Se presenta en aquellas familias de plantas, cuyas semillas, de manera característica en el embrión, no se han desarrollado por completo en la época de maduración. Como regla general, el crecimiento del embrión es favorecido por temperaturas cálidas, pero la respuesta puede ser complicada por la presencia de otros mecanismos de letargo. Dentro de esta categoría se distinguen dos grupos, embriones rudimentarios (se presenta en semillas cuyo embrión es apenas algo más que un proembrión embebido en un endosperma, al momento de la maduración del fruto. También en el endosperma existen inhibidores químicos de la germinación, que se vuelven en particular activos con altas temperaturas) y embriones no desarrollados (algunas semillas, en la madurez del fruto tienen embriones poco desarrollados, con forma de torpedos,

que pueden alcanzar un tamaño de hasta la mitad de la cavidad de la semilla. El crecimiento posterior del embrión se efectúa antes de la germinación (Varela y Arana, 2011).

### 2.3.2.3. Latencia combinada exógena – endógena

Se denomina así a las diversas combinaciones de latencia de la cubierta o el pericarpio con latencia fisiológica endógena.

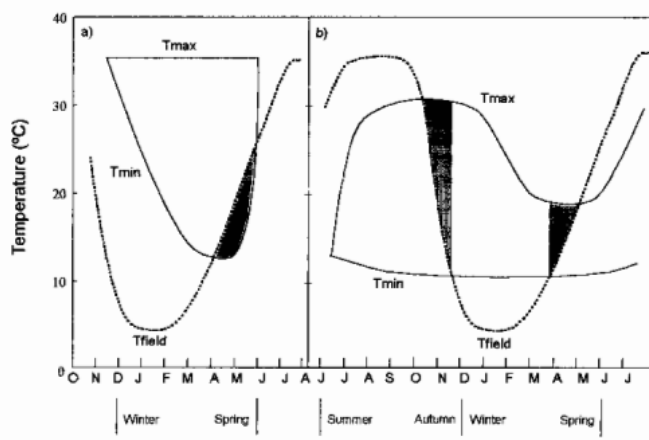
### 2.3.3. Factores que inciden en la dormición

Según Benech-Arnold et al. (2000) se distinguen entre los factores que modifican el nivel de dormición en una población de semilla (temperatura, condición hídrica, luz) de los factores que terminan la dormición una vez que su nivel es bajo (luz, temperaturas fluctuantes, concentración de nitratos).

#### 2.3.3.1. Temperatura ambiental

A medida de que la dormición es aliviada en la estación previa a la germinación y al crecimiento de las plántulas, el rango de temperaturas para la germinación se amplía hasta hacerse máximo y que, por lo contrario, a medida que se induce la dormición el rango de temperaturas para la germinación se estrecha, hasta que la germinación ya no es posible cuando la dormición es máxima (Vegis, 1964).

Figura No. 4. Solapamiento de temperaturas ambientales y rango de temperatura de germinación.



Fuente: Benech-Arnold, citado por Vernengo (2000).

### 2.3.3.2. Luz

El final de la etapa de dormición puede ser disparada por la luz. Desde que se descubrió la acción de los fitocromos se ha acumulado gran cantidad de información. La acción de la luz puede inhibir la germinación, a través de su composición espectral, la irradiación y su duración; dependiendo de su estado de dormición de la semilla y de las otras condiciones ambientales (Benech-Arnold et al., 2000).

### 2.3.3.3. Temperaturas fluctuantes

En muchas especies la salida de la dormición se completa únicamente luego que la semilla han sido expuestas a temperaturas fluctuantes (Benech-Arnold et al., 2000).

Según Benech-Arnold et al. (2000) han señalado nueve características de los ciclos de temperaturas diurnas que serían responsables de la actividad estimuladora: el número de ciclos, la amplitud de los mismos, la temperatura más alta, la temperatura más baja, el periodo transcurrido de la temperatura más baja y el periodo transcurrido de la más alta, la tasa de calentamiento, la tasa de enfriamiento y la sincronización de ciclos respecto al inicio de la imbibición de las semillas.

## 2.4. TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS

Aunque los tratamientos de pre-siembra han sido investigados con éxito, en muchas especies no se conocen aún las causas exactas del retardo en la germinación de las semillas. El hombre a través de los siglos, ha tendido a la selección de semillas en la agricultura para acelerar la germinación, por ello en general, las especies cultivadas no tienen dormancia al momento de la siembra; similar evolución se ha dado en especies forestales; sin embargo, la eliminación total de la dormancia no se logrará mientras se desconozcan los procesos fisiológicos involucrados en la germinación retardada (Bonner, citado por Delfino y Nicoli, 1985).

Los tratamientos pre-germinativos, son todos aquellos procedimientos necesarios para romper la latencia de las semillas, esto es, el estado en que se encuentran algunas, tal que, estando vivas, no son capaces de germinar sino hasta que las condiciones del medio sean las adecuadas para ello (Arnold, citado por Varela y Arana, 2011).

Los métodos para quebrar la dormancia son aplicados a las semillas de muchas especies forestales mediante los cuales se aumenta el metabolismo de las semillas con el fin de provocar uno o más de los efectos que se presentan a continuación (Carneiro, citado por Delfino y Nicoli, 1985).

- Aceleración de la germinación
- Aumento de la germinación en el campo
- Uniformidad de la germinación

Los tratamientos previos para romper la latencia física de la cubierta tienen por finalidad ablandar, perforar, rasgar o abrir la cubierta para hacerla permeable, sin dañar el embrión ni el endosperma que están en su interior. Comprenden métodos físicos y biológicos, calor seco y remojado en agua o soluciones químicas (Willan, s.f.).

A continuación se presentaran los principales tratamientos utilizados para levantar la condición de dormancia en semillas forestales.

#### 2.4.1. Estratificación

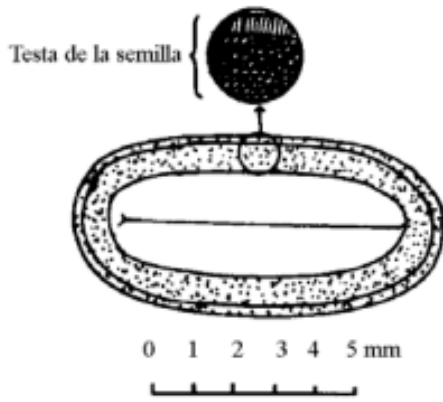
Este tratamiento se utiliza para romper la latencia fisiológica, y consiste en colocar las semillas entre estratos que conservan la humedad, comúnmente arena o bien turba o vermiculita, en frío o calor (Patiño et al., citados por Varela y Arana, 2011). La estratificación fría es aquella donde se mantienen las semillas a temperaturas bajas (4 a 10 °C), asemejando a las condiciones de invierno, por un período que oscila entre 20 y 60 días, llegando inclusive hasta 120 días (Ordoñez, 1987).

#### 2.4.2. Escarificación

Todo tratamiento que destruye o reduce la impermeabilidad de la cubierta se denomina habitualmente escarificación (Bonner, citado por Willan, s.f.). Por lo general basta destruir la impermeabilidad en un solo punto de la cubierta para que puedan producirse la imbibición y el intercambio de gases.

Según Varela y Arana (2011) un gran número de especies forestales no germinan debido a que la testa o cubierta seminal (Figura No. 5.), es dura e impide la entrada de agua (latencia física), y la semilla no germina al menos que esta sea escarificada. Así, la escarificación es cualquier proceso que rompa, raye, altere mecánicamente o ablande las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua y a los gases.

Figura No. 5. Corte longitudinal de una semilla de testa dura.

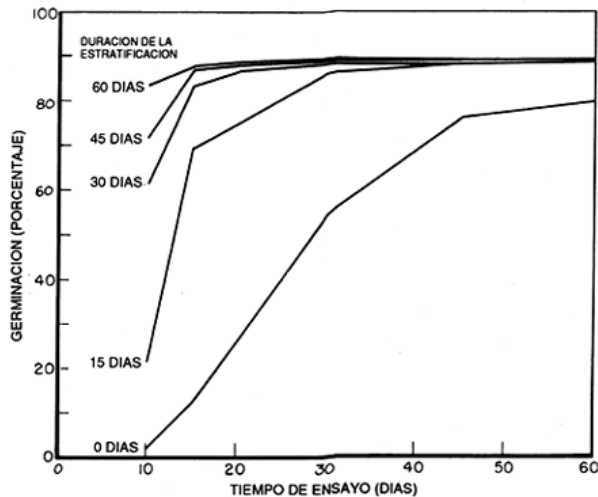


Fuente: Poulsen y Stubsgaard, citados por Varela y Arana (2011).

El proceso de escarificación puede dividirse en dos subconjuntos, tanto escarificación mecánica, como escarificación química.

- Escarificación mecánica: consiste en raspar la cubierta de las semillas con lijas, limas o quebrarlas con un martillo o pinzas. Si es a gran escala se utilizan maquinas especiales como tambores giratorios recubiertos en su interior con papel lija, o combinados con arena gruesa o grava. En el caso de tratar grandes cantidades de semillas, se puede utilizar una hormigonera con grava o arena en su interior, o bien en un tambor forrado en su interior con material abrasivo (ej.: lija, cemento) o dotados de discos abrasivos giratorios (Varela y Arana, 2011).
- Escarificación química: en este tipo de tratamiento se sumergen las semillas en ácidos fuertes durante periodos cortos, generalmente se suele usar ácido sulfúrico concentrado y periodos de pocos minutos. A veces se utilizan soluciones diluidas de ácidos y tiempos de inmersión más prolongada. Según Varela y Arana (2011) afirman que la escarificación química, consiste en remojar las semillas por períodos breves (15 minutos) a 2 horas, en compuestos químicos. Las semillas secas se colocan en recipientes no metálicos y se cubren con ácido sulfúrico concentrado en proporción de una parte de semilla por dos de ácido. Durante el período de tratamiento las semillas deben agitarse regularmente con el fin de obtener resultados uniformes. El tiempo de tratamiento varía según la especie. Al final del período de tratamiento se escurre el ácido y las semillas se lavan con abundante agua para quitarles el restante.

Figura No. 6. Beneficios de la estratificación en frío como método para acelerar la germinación del pino de incienso (*Pinus taeda*).



Fuente: USDA. Forest Service, citado por Willan (s.f.).

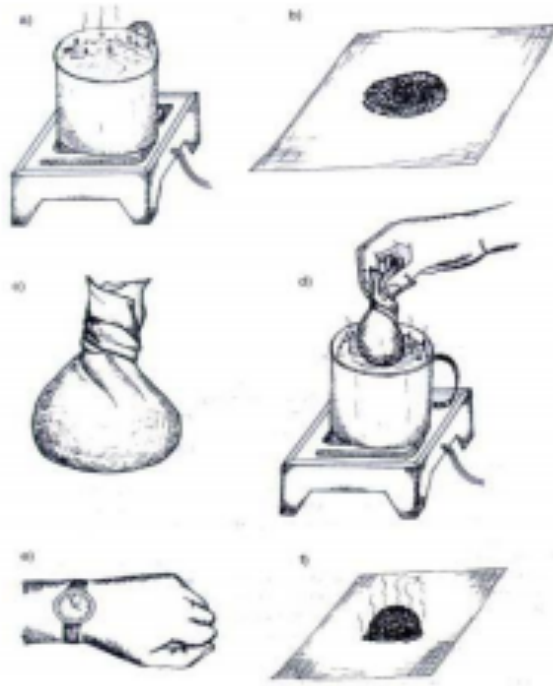
#### 2.4.3. Imbibición en agua (lixiviación)

Varios tratamientos comprenden el remojo de las semillas en agua u otros líquidos. Estos tratamientos en húmedo combinan a veces dos efectos, el de ablandar la cubierta dura y el de extraer por lixiviación los inhibidores químicos (Willan, s.f.).

Las semillas son remojadas en agua corriente con la finalidad de remover los inhibidores químicos presentes en la cubierta. Este tratamiento también es empleado con el objetivo de ablandar la testa. El tiempo de remojo puede ser de 12, 24, 48 y hasta 72 horas, y en algunos casos, cambiándoles el agua con cierta frecuencia. Habitualmente el remojo se efectúa en agua a temperatura ambiente, pero también se han obtenido buenos resultados con agua caliente. En este último caso, las semillas se colocan en agua hirviendo, retirando inmediatamente el recipiente de la fuente de calor y se deja enfriar hasta que alcance la temperatura ambiente (tiempo de enfriamiento estimado de 12 horas aproximadamente) (Varela y Arana, 2011).

Algunas semillas que tienen poca resistencia a la germinación pueden responder bien al remojo durante 24 horas en agua a temperatura ambiente (Kemp, citado por Willan, s.f.). Esto puede deberse a una imbibición más rápida que la que puede obtenerse en un semillero humedecido. En algunas especies está recomendado aplicar este tratamiento después de la escarificación manual, mecánica o con ácido.

Figura No. 7. Esquema mostrando la serie de pasos a realizar en el proceso de escarificación con agua caliente.



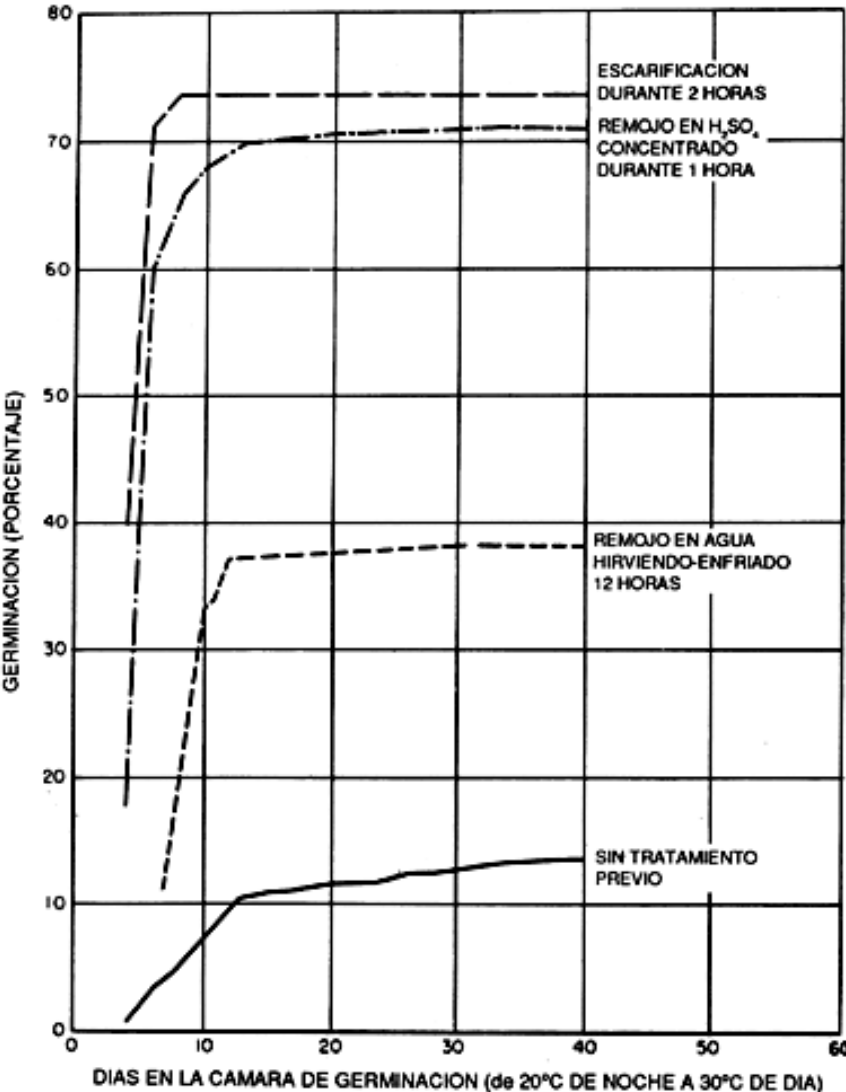
Fuente: Arriaga, citado por Willan (s.f.).

#### 2.4.4 Combinación de tratamientos

Se utiliza la combinación de los dos tratamientos anteriormente mencionados, con el fin de hacer efecto en aquellas semillas que poseen más de un tipo de dormancia. Los tratamientos comprenden un amplio rango de niveles de imbibición combinado con diferentes niveles de escarificación, donde la más utilizada es la escarificación química.

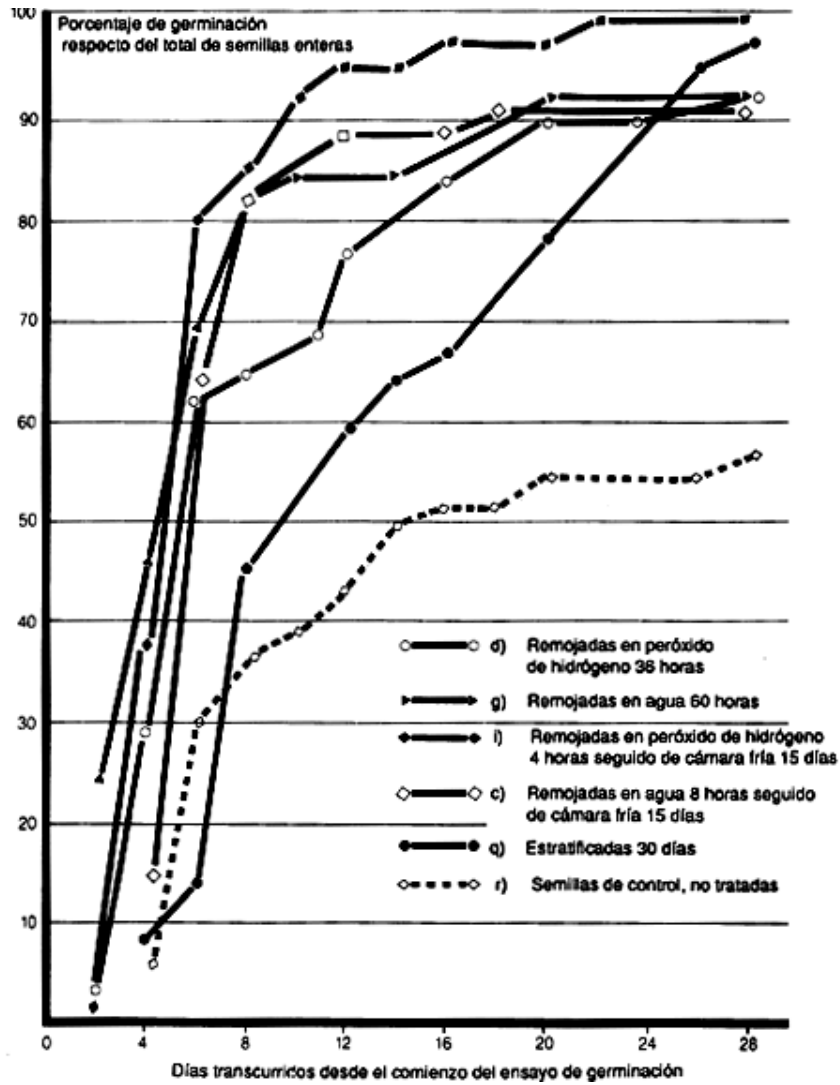


Figura No. 8. Efecto de varios tratamientos previos a la siembra sobre la germinación de la falsa acacia (*Robinia pseudoacacia*).



Fuente: USDA. Forest Service, citado por Willan (s.f.).

Figura No. 9. Efecto de diversos tratamientos previos sobre la germinación de *Pinus elliotii* en Nuevo Gales del Sur.



Fuente: New South Wales Forestry Commission, citado por Willan (s.f.).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente trabajo de tesis se realizó un único experimento, con cuatro tratamientos incluyendo el testigo, con el objetivo de cuantificar mejoras en la tasa de germinación y la uniformidad de la misma.

El trabajo se realizó dentro de las instalaciones del vivero de Montes Del Plata (ubicado a escasos kilómetros de la ciudad de Fray Bentos), el cual incluye tanto los tratamientos pre-germinativos realizados sobre la semilla como su posterior siembra y control.

A continuación se presentan los materiales y métodos utilizados para la realización del ensayo y una breve descripción de los mismos.

#### 3.1. ENSAYO

El ensayo consistió en la aplicación de tres tratamientos diferentes, más un testigo. Consistió en evaluar el efecto sobre la germinación de las semillas de: a) imbibición con  $H_2O$ , b) imbibición con  $H_2O_2$  diluida al 20% en agua y c) imbibición con  $H_2O_2$  diluida al 30% en agua. El testigo no recibió ningún tratamiento previo.

Se identifican tres etapas bien definidas, que corresponden a la realización de los tratamientos pre-germinativos, una etapa posterior de siembra de las semillas y por último la etapa de control, las cuales serán abordadas más adelante.

Los objetivos que se persiguen, como ha sido mencionado son un aumento en la tasa de germinación y uniformidad.

##### 3.1.1. Materiales

Los materiales e instrumentos utilizados fueron brindados por la empresa Montes del Plata.

El material de partida y el cual fue probado para la realización de los diferentes ensayos consistió en semilla de *Eucalyptus dunnii* utilizada por la empresa. La semilla es de origen Australiano y por motivos de confidencialidad se presentara a lo largo del trabajo como semilla tipo 1.

A continuación se detallan los materiales utilizados en la primera etapa la cual corresponde a los tratamientos pre-germinativos.

- Semilla *Eucalyptus dunnii* (5,76 g)
- H<sub>2</sub>O
- H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (2 litros H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% y 2 litros H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20%)
- Papel de arroz
- Marcadores por color
- 6 recipientes de 1 litro c/u
- 2 Caloventiladores
- 2 Carpas de plástico con estructura rectangular
- 2 Termómetros
- Fuente de energía

Figura No. 10. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30 y 20%



El agua oxigenada fue obtenida en la droguería Macrofarma con el fin de obtener de forma precisa las concentraciones necesarias para la óptima realización de la tesis.

Figura No. 11. Caloventiladores - recipientes de 1 litro – marcadores - sobres



Figura No. 12. Carpas de plástico con estructura rectangular



En la etapas de siembra y control del ensayo, los materiales utilizados son bandejas de siembra, que contienen 126 ellepot por unidad y en la etapa final los datos fueron relevados y registrados en tablas.

### 3.1.2 Tratamientos

Se realizaron un total de cuatro tratamientos dentro de los cuales se incluye al testigo. Como se mencionó anteriormente los tratamientos surgen de la (imbibición con  $H_2O$ , imbibición con  $H_2O_2$  a dos concentraciones diferentes) y

agregándole el testigo que corresponde a la semilla seca sin ningún tratamiento previo.

En la totalidad de los tratamientos fueron evaluados a cinco escalas de tiempo diferente y dos temperaturas.

Cuadro No. 1. Escalas de tiempo y temperaturas

	Temperatura	
	25 °C	35 °C
Tiempo (horas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8</li> <li>• 12</li> <li>• 24</li> <li>• 36</li> <li>• 48</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8</li> <li>• 12</li> <li>• 24</li> <li>• 36</li> <li>• 48</li> </ul>

### 3.1.2.1. Tratamiento 1

El tratamiento uno corresponde al testigo, en el cual no se realizó ningún tratamiento ni manejo de semilla. Corresponde a la semilla seca, en las mismas condiciones en la cual la recibe la empresa.

### 3.1.2.2. Tratamiento 2

El tratamiento dos corresponde a la semilla imbibida en H<sub>2</sub>O. Las variables a cuantificar en este tratamiento corresponden a la temperatura y tiempo de imbibición de la semilla en H<sub>2</sub>O.

Planteado para dos temperaturas diferentes (25°C y 35 °C) y cinco escalas de tiempo por cada una.

### 3.1.2.3. Tratamiento 3

En este tratamiento al igual que el siguiente, es agua oxigenada lo utilizado en los tratamientos pre-germinativos.

El tratamiento tres corresponde a la semilla imbibida en H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a una concentración de 20% y una dilución en agua de 60%.

Planteado para dos temperaturas diferentes (25°C y 35 °C) y cinco escalas de tiempo por cada una.

### 3.1.2.4. Tratamiento 4

Para este tratamiento vamos a tener la misma combinación de variables de cuantificación que el tratamiento anterior, variando la dosis o concentración de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> utilizada.

Por lo tanto para el tratamiento cuatro, se cuantificaran diferentes temperaturas, tanto 25 como 35 °C en cinco escalas de tiempo de imbibición de las semillas en H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (agua oxigenada), a una dosis o concentración de 30% y una dilución en agua de 60%.

Cuadro No. 2. Referencia general de los 4 tratamientos

	Tratamientos			
	1 (Testigo)	2	3	4
Temperatura (°C)	-----	25 °C – 35°C	25 °C – 35°C	25 °C – 35°C
Tiempo (Horas)	-----	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8</li> <li>• 12</li> <li>• 24</li> <li>• 36</li> <li>• 48</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8</li> <li>• 12</li> <li>• 24</li> <li>• 36</li> <li>• 48</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8</li> <li>• 12</li> <li>• 24</li> <li>• 36</li> <li>• 48</li> </ul>
Agua (H <sub>2</sub> O)	-----	si	si	si
Agua Oxigenada (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	-----	-----	20% (Dilución 60%)	30% (Dilución 60%)

### 3.1.3. Estructura del ensayo

El ensayo como se mencionó anteriormente consistió en cuatro tratamientos incluido el testigo con cinco escalas de tiempo y 2 temperaturas. Por cada unidad experimental se realizaron tres repeticiones (ISAT), generando por tratamiento 30 unidades experimentales; y un total en el ensayo de 93.

Cuadro No. 3. Unidades experimentales

	Tratamientos				
	1 (Testigo)	2	3	4	Total
Repeticiones	3	30	30	30	93

Como referencia una unidad experimental corresponde a una bandeja de siembra (126 ellepot).

A continuación se presentara en forma cronológica la secuencia de realización del ensayo hasta el momento de la siembra.

#### 3.1.3.1. Acondicionamiento del ensayo

En la etapa previa a la puesta en marcha del ensayo se realizó la etapa de puesta a punto, consistió en llegar a la hora de comenzar con los tratamientos con un nivel de mínima variación en la temperatura dentro de las carpas establecidas y en las soluciones.

La fecha de inicio a esta etapa se corresponde al día 8 de junio y se extiende hasta el 13 del mismo mes.

En esta etapa, las actividades más importantes que se realizaron fueron, la obtención de los materiales (citados anteriormente), armado de las carpas de plástico y aclimatación de las mismas.

Las temperaturas de aclimatación objetivos fueron las planteadas previamente (25 – 35°C), se controlaron dentro de las soluciones en cada tratamiento periódicamente hasta alcanzarla y mantenerlas en esos valores.

El instrumento utilizado como fuente de calor fueron los caloventiladores, que brindaron una solución óptima para el espacio y temperaturas objetivos.

En términos generales la infraestructura del ensayo consistió en dos carpas de plástico en las cuales fueron aclimatadas en cada caso con caloventiladores, una a temperatura de 25°C y la restante a una temperatura de 35°C y en cada una de ellas se colocaron tres recipientes de plásticos. Uno de ellos llevaba la etiqueta de agua, el segundo la etiqueta de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20% y el tercero la etiqueta de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30%, generando como se mencionó antes un total de seis recipientes.



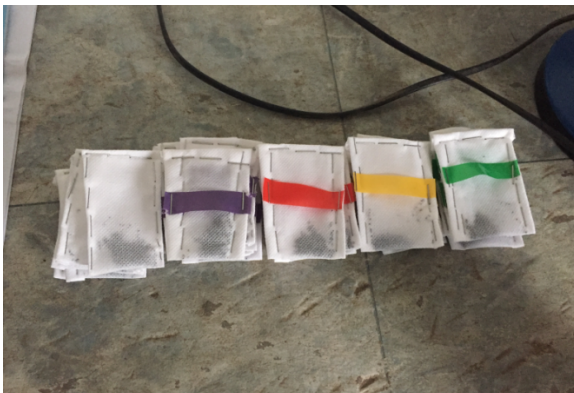
Figura No. 13. Infraestructura



El 10 de junio se realizó el agregado de las soluciones de  $H_2O_2$  con sus dosis y disolución correspondiente en los tratamientos tres y cuatro y se recubrieron todos los recipientes con bolsas de nylon con el fin de evitar variaciones importantes por evaporación.

El día 13 de junio en horas de la mañana, se realizó el armado de los sobres con sus diferentes marcadores (sobres de tela de arroz y marcadores de plástico con el fin de evitar la corrosión en los tratamientos con  $H_2O_2$ ).

Figura No. 14. Sobres marcados



El criterio de clasificación de los sobres fue dado según las escalas de tiempo planteadas.

Cada sobre contiene las tres repeticiones de cada combinación. Por lo tanto para cada una de las escalas temporarias se generaron seis sobres, que corresponden a la combinación de tres tratamientos y dos temperaturas diferente.

Se generaron un total de 30 sobres; se reparten en seis recipientes de plásticos, de los cuales tres corresponden a la temperatura de 25°C y tres a la de 35°C.

Cuadro No. 4. Referencia de tratamientos

Tratamiento 8 Horas	Sin etiqueta
Tratamiento 12 Horas	Violeta
Tratamiento 24 Horas	Rojo
Tratamiento 36 Horas	Amarillo
Tratamiento 48 Horas	Verde

Una repetición o unidad experimental corresponde a una bandeja de siembra (equivalente a 126 ellepot), por sobre es necesario colocar por encima de 378 semillas, lo que equivale a las tres repeticiones. Se tomó como valor óptimo el agregado de 450 semillas por sobre, con el fin de manejar un margen para contar con las semillas necesarias a la hora de sembrar.

A partir de seis muestreos, contabilizando 450 semillas por sobre se llegó al peso en gramo (0,17 gramos de semilla).

Figura No. 15. Colocado de las semillas en los sobres



Los sobres posteriormente fueron sellados y organizados de forma de dejarlos listos para comenzar el ensayo.

### 3.1.3.2. Ensayo propiamente dicho

Teniendo lista la infraestructura del ensayo, con sus variables en rangos óptimos y los sobres listos, se prosiguió a su planificación. Se evaluaron las cinco escalas de tiempo y se marcó el inicio del ensayo con la postura de los primeros sobres (color verde, tratamiento 48 horas).

A continuación se presentara un cuadro en el cual se mostrara detalladamente y cronológicamente los momentos en los cuales se aplicó cada sobre.

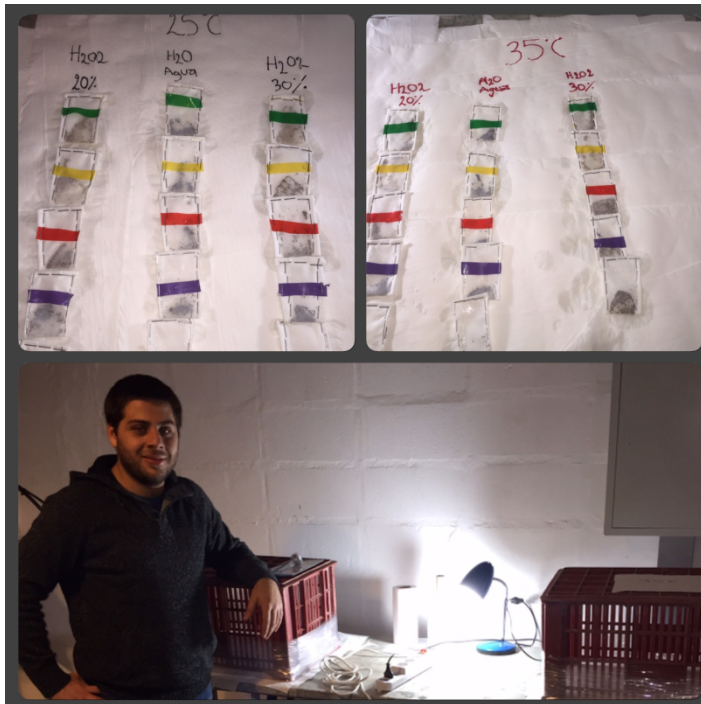
Cuadro No. 5. Cronograma ensayo

Fecha – Hora	Tratamiento	Sobre - Etiqueta
13/6/2016 - 20:00 pm	48 horas	Verde
14/6/2016 - 8:00 am	36 horas	Amarillo
14/6/2016 - 20:00 pm	24 horas	Rojo
15/6/2016 - 8:00 am	12 horas	Violeta
15/6/2016 - 12:00 am	8 horas	Blanco
15/6/2016 - 20:00 pm	Se retiraron los sobres y se dejaron secando	
16/6/2016 - 8:00 am	Inicio de la siembra	

Figura No. 16. Registro cronológico del ensayo



Figura No. 17. Secado de los sobres



En la etapa de secado, los sobres fueron dejados un periodo de tiempo de 12 horas previo a la siembra. Se utilizó papel secante y circulación de aire para bajar los niveles de humedad hasta un rango óptimo para su manipulación a la hora de la siembra a mano.

#### 3.1.4. Siembra

En cuanto a la siembra en la etapa de gabinete se planteó una única fecha de siembra, con el fundamento que las semillas en su totalidad tengan el mismo periodo de tiempo para poder expresar su potencial germinativo.

La siembra se realizó el día 16 de junio, en el transcurso de todo su día. Se caracterizó por ser una siembra a mano, en la cual solo fue realizada por un operador con el fin de minimizar una fuente de variación.

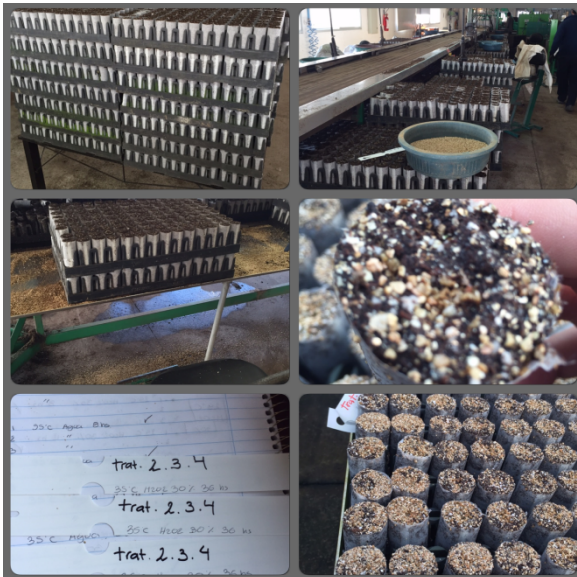
A la hora de la siembra se utilizó colorante, para teñir la semilla y así facilitar el trabajo y evitar errores a la hora de la colocación de la semilla en cada ellepot.

Figura No. 18. Coloración de la semilla



Se sembraron las 93 unidades experimentales (bandejas de siembra), que equivale a casi cinco parrillas (20 bandejas/parilla) y un total de 11.718 ellepot; a los cuales se le evaluó su tasa de germinación y uniformidad.

Figura No. 19. Siembra



La siembra fue realizada bajo una forma de organización de los tratamientos, pero la disposición de cada uno de ellos en las parrillas fue al azar, con el fin de minimizar una fuente de variación como es el error.

### 3.1.5. Control

En el diseño del ensayo se pre-estableció un periodo de control posterior a la siembra de 30 días, evaluando la tasa de germinación y la uniformidad de emergencia.

Las etapas de control se establecieron cada cinco días, posterior a la siembra se realizaron seis controles del ensayo.

En cada control se contabilizó el número de semillas germinadas dentro de cada unidad experimental. Los datos arrojados del ensayo serán presentados posteriormente en la sección de resultados.

A continuación se presenta un cuadro ordenado de forma cronológica mostrando las diferentes instancias de control.

Cuadro No. 6. Controles

Fecha	Control	Días
22/6/2016	1	5
27/6/2016	2	10
2/7/2016	3	15
7/7/2016	4	20
12/7/2016	5	25
17/7/2016	6	30

### 3.2. METODO ANALÍTICO

Para el correcto procesamiento de los datos obtenidos en el ensayo se efectuaron los siguientes análisis estadísticos en cada etapa de control.

- Análisis de varianza para determinar la variación dentro de los diferentes tratamientos pre-germinativos aplicados y el testigo.
- En el caso de encontrar significancia dentro de los tratamientos, se realiza un análisis de diferencias mínimas significativas mediante la prueba de Tukey.
- Se presentaran gráficos representando los datos arrojados por la prueba de Tukey.
- En modo de comparación y con el fin de realizar un análisis estadístico completo se realizaran contrastes entre diferentes grupos, testeando el testigo como los diferentes tratamientos.

El análisis estadístico se realizó mediante ANAVA. Se utilizó el software gratuito InfoStat (versión estudiantil 2016).

El modelo utilizado en el análisis fue de medidas repetidas en el tiempo, donde los factores estudiados fueron los tratamientos, las fechas de medición de germinación y la interacción entre ambos factores.

### 3.2.1. Diseño experimental

El diseño experimental que se implementó consistió en un DBCA (Diseño en Bloques Completamente al azar), con arreglos factoriales. El bloqueo fue dado por las temperaturas de cada carpa, por lo tanto se reconocen dos bloques bien definidos (25°C y 35°C). Los tratamientos como se marcó anteriormente fueron cuatro.

El uso del diseño DBCA se justifica con el fin de eliminar una posible fuente de variación que en la etapa de resultado nos puede marcar una leve diferencia, por lo cual aplicando los bloques se deja fija una fuente de variación conocida.

La aplicación del diseño genera el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + H_j + \delta_{ij} + M_k + (MH)_{kj} + \epsilon_{ijk} \quad \begin{array}{l} i: 1,2 \\ j: 1,2,3,4 \end{array}$$

- $Y_{ijk}$  = Variable aleatoria observable.
- $\mu$  = Media general.
- $\beta_i$  = Efecto del i-ésimo bloque.
- $H_j$  = Efecto del j-ésimo tratamiento pregerminativo.
- $\delta_{ij}$  = Error Experimental.
- $M_k$  = Efecto del k-ésimo fecha de evaluación.
- $(MH)_{kj}$  = Interacción entre fecha de evaluación y tratamiento pregerminativo.
- $\epsilon_{ijk}$  = Error de la fecha de evaluación.

El modelo lineal presentado involucra ciertos supuestos vinculados al modelo y a los errores experimentales. Estos se citan a continuación.

#### Supuestos al modelo:

- es correcto
- es aditivo
- no existe interacción bloque x tratamiento.

Supuestos a los errores experimentales:

- $\epsilon_{ij}$  son variables aleatorias
- $\epsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$  para todo  $i, j$ .

Por definición se asume  $\alpha_i = \mu_i - \mu$ .

Los bloques en cada uno de los ensayos se realizaron con el fin de disminuir la heterogeneidad existente en el suelo.

A partir del análisis estadístico se generaron ciertas hipótesis las cuales serán evaluadas y estudiadas mediante el análisis de la varianza.

La hipótesis a probar se presenta a continuación.

- $H_0$ : la utilización de los distintos tratamientos pre-germinativos no tiene ningún efecto en el índice de germinación de la semilla.
- $H_a$ : la utilización de los distintos tratamientos pre-germinativos tiene un efecto diferencial en el índice de germinación de la semilla.

El criterio de decisión que se asumió corresponde al siguiente:

- si  $p$  valor es mayor a 0.05 no rechazo hipótesis nula ( $H_0$ ) con una probabilidad  $\beta$  de cometer error del tipo II.
- si  $p$  valor es menor a 0.05 rechazo hipótesis nula ( $H_0$ ) con una probabilidad  $\alpha$  de cometer error del tipo I.



## 4. RESULTADOS

Dado a que el manejo de información pública de ensayos pre-germinativos en semilla de *Eucalyptus dunnii* es muy escasa, debido a su utilización como material por la mayoría de las empresas forestales en el país y en la región. Se buscó generar una primera aproximación para comenzar a generar una base de datos y conocer más sobre las características y condiciones que predisponen la germinación en esta especie. Por otro lado si bien los resultados de los análisis estadísticos o cuantitativos son fundamentales en un estudio de investigación, tomó bastante importancia el análisis cualitativo del ensayo.

Son conocidas las limitantes que presenta *Eucalyptus dunnii* en cuanto a la propagación, tanto sexual como asexual. Por este motivo cualquier avance que se genere para tratar de superar estas limitantes es considerado de suma importancia para el sector forestal y apunta a aumentar su rentabilidad.

### 4.1. ANÁLISIS DE LOS DATOS

A continuación en el presente capítulo se abordara el análisis de la información recabada en este trabajo. Por la extensa cantidad de datos obtenidos, se presentan cuadros resumen con los parámetros estadísticos más relevantes que ayudarán a una mayor comprensión de los resultados, las planillas de datos originales se presentaran en la sección de anexos.

Como primera aproximación al análisis estadístico, se ingresaron el total de los datos recolectados en las seis etapas de control al programa Infostat, y se le realizó un análisis de la varianza poniendo gran énfasis en la evaluación de la existencia de una posible interacción fecha por tratamiento.

Cuadro No. 7. Análisis de la varianza conjunto de tratamientos.

Variable	N	R <sup>s</sup>	R <sup>s</sup> Aj	CV
Germinación	558	0,99	0,99	13,01

F.V	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	945860,87	185	5112,76	269,17	<0,0001
Fecha	235004,65	5	47000,93	2474,43	<0,0001
Tratamiento	515750,01	30	17191,67	905,08	<0,0001
Fecha * Trat	195106,21	150	1300,71	68,48	<0,0001
Error	7066,01	372	18,99		
Total	952926,88	557			

Por medio del análisis de la varianza ejercido sobre la totalidad de los datos del ensayo; haciendo hincapié en la significancia tanto del modelo como de las posibles interacciones.

Como resultados generales y de relevancia para continuar con el análisis de los datos, se comprobó que el modelo es significativo (alfa 0,05), por lo tanto presenta diferencia dentro de los tratamientos propuestos.

Como puede observarse el valor  $p$  asociado a la interacción es altamente significativo ( $<0,0001$ ), indicando que los factores estudiados no actúan independientemente. Por este motivo no se establecerán conclusiones sobre los efectos principales a partir de esta tabla ya que la presencia de interacción podría estar afectando las diferencias promedios.

Por lo tanto, el análisis estadístico de índice de germinación presentó interacción fecha de evaluación x tratamiento ( $P < 0.05$ ) por ello los resultados se presentaran para cada fecha de evaluación.

Cuadro No. 8. Test Tukey conjunto de tratamientos

Tratamiento	Media	N	Referencia
2.2.3	66,75	18	A
2.2.2	66,05	18	AB
1.2.4	65,04	18	ABC
1.2.1	64,73	18	ABC
1.3.2	64,33	18	ABC
1.2.5	64,07	18	ABC
2.2.1	63,93	18	ABC
1.2.2	63,89	18	ABC
2.2.4	63,8	18	ABC
1.1.2	63,67	18	ABC
1.2.3	62,04	18	ABCD
1.1.1	60,76	18	BCD
2.2.5	59,92	18	CD
2.1.1	59,88	18	CD
Testigo	57,54	18	D

A modo de resumen de los datos del test de Tukey se presentan únicamente los tratamientos que mejor se ubicaron (Anexo No.1 se presenta la totalidad de los tratamientos).

La presentación del cuadro anterior en esta instancia carece de valor debido a que no se estaría mostrando los mejores tratamientos al término de los seis controles sino que un promedio de los mismos debido a que presenta interacción fecha por tratamiento. Por lo tanto la muestra de los mejores tratamientos se representará cuando se analicen los datos del último control de germinación.

Un aspecto importante que refleja el resultado del test es la supremacía de varios tratamientos sobre el testigo, de los cuales la mayoría no se diferencian significativamente entre sí pero si lo hacen sobre el testigo.

Más adelante se volverán a utilizar estos mismos datos, con el propósito de aportar más información sobre la evaluación de uniformidad de germinación de los diferentes tratamientos.

A continuación se presentará la referencia de correspondencia de cada tratamiento con su etiqueta de siembra, para facilitar el análisis de datos.

Cuadro No. 9. Referencia totalidad de los tratamientos sembrados

Testigo	Semilla Seca		
1.1.1	25°C - H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 20 % - 8 horas	2.1.1	35°C - H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 20 % - 8 horas
1.1.2	25°C - H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 20 % - 12 horas	2.1.2	35°C - H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 20 % - 12 horas
1.1.3	25°C - H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 20 % - 24 horas	2.1.3	35°C - H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 20 % - 24 horas
1.1.4	25°C - H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 20 % - 36 horas	2.1.4	35°C - H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 20 % - 36 horas
1.1.5	25°C - H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 20 % - 48 horas	2.1.5	35°C - H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 20 % - 48 horas
1.2.1	25°C - agua - 8 horas	2.2.1	35°C - agua - 8 horas
1.2.2	25°C - agua - 12 horas	2.2.2	35°C - agua - 12 horas
1.2.3	25°C - agua - 24 horas	2.2.3	35°C - agua - 24 horas
1.2.4	25°C - agua - 36 horas	2.2.4	35°C - agua - 36 horas
1.2.5	25°C - agua - 48 horas	2.2.5	35°C - agua - 48 horas
1.3.1	25°C - H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 30 % - 8 horas	2.3.1	35°C - H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 20 % - 8 horas
1.3.2	25°C - H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 30 % - 12 horas	2.3.2	35°C - H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 20 % - 12 horas
1.3.3	25°C - H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 30 % - 24 horas	2.3.3	35°C - H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 20 % - 24 horas
1.3.4	25°C - H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 30 % - 36 horas	2.3.4	35°C - H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 20 % - 36 horas
1.3.5	25°C - H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 30 % - 48 horas	2.3.5	35°C - H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 20 % - 48 horas

#### 4.2. EVALUACIÓN CONTROL 1 (22/6/2016)

El primer control corresponde al periodo de evaluación que abarca del día de instalación del ensayo (17 de junio de 2016, corresponderá al día 0), hasta el día 5 después de la instalación (dpi) del ensayo.

Los datos obtenidos en el momento del control fueron el de no germinación en ninguno de los tratamientos planteados, por lo tanto para este punto de evaluación no se realizó ninguna corrida de datos para su análisis estadístico.

Por lo tanto en ninguna de las unidades experimentales se contactó la presencia de semillas germinadas, tanto en las U.E que habían sido tratados como en el testigo, correspondiente a la semilla comercial. Similar a lo que ocurre en la mayoría de las semillas sembradas en el proceso forestal.

Figura No. 20. Control 1 (22/6/2016)



#### 4.3. EVALUACIÓN CONTROL 2 (27/6/2016)

El control dos correspondió al periodo que abarca los 10 días dpi. Los factores que se evaluaron fueron, el índice de germinación de cada tratamiento y el testigo, y el vigor de la plántula emergida.

##### 4.3.1. Análisis estadístico control 2

A continuación se presentara el análisis estadístico correspondiente al control dos, donde se seguirá con el análisis de la significancia del ensayo y se presentaran a través de la prueba Tukey los tratamientos pasado los 10 días post instalación del ensayo.

Cuadro No. 10. Análisis de la varianza control 2

Variable	N	R <sup>s</sup>	R <sup>s</sup> Aj	CV
Germinación	93	0,95	0,93	26,28

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8516,311	30	283,88	43,21	<0,0001
tratamiento	8516,311	30	283,88	43,21	<0,0001
Error	407,3234	62	6,57		
Total	8923,634	92			

El modelo continúa siendo significativo, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula planteada, es decir, el uso de los tratamientos pre-germinativos poseen un efecto en el índice de germinación de la semilla (<0,0001).

Continuando con el análisis de los datos, se presentara el cuadro obtenido del test de Tukey, mostrándose los tratamientos que percibieron un mejor resultado, con el fin de resumir los datos. El cuadro completo donde se observan la totalidad de los tratamientos se presenta como Anexo No. 2.

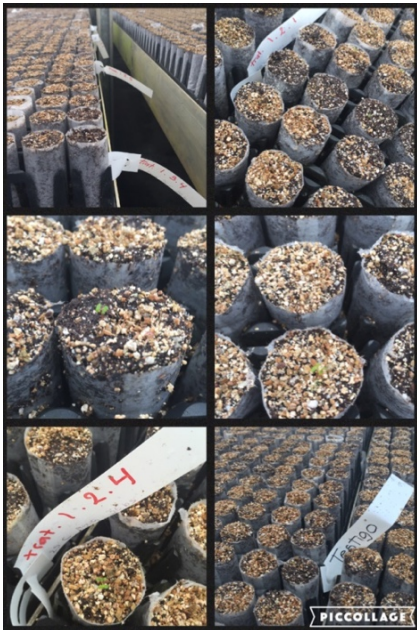
Cuadro No. 11. Test Tukey control 2

Tratamiento	Media	N	Referencia
1.2.1	26,46	3	A
2.2.1	23,81	3	AB
1.2.4	23,02	3	AB
2.2.3	22,22	3	AB
2.2.5	22,22	3	AB
1.1.1	19,58	3	AB
1.2.2	18,78	3	ABC
1.2.5	18,78	3	ABC
<b>Testigo</b>	<b>18,78</b>	<b>3</b>	<b>ABC</b>
1.3.2	18,52	3	ABCD
1.2.3	18,25	3	ABCDE
1.1.2	16,67	3	BCDE
2.2.2	15,61	3	BCDE
2.1.2	11,11	3	CDEF
2.1.1	10,32	3	DEF

A modo de resumen se listaron los 15 mejores tratamientos obtenidos por el test de Tukey. El valor para que dos medias sean estadísticamente significativas corresponde a 8,26244.

Como observación, se puede concluir que al término de los primeros 10 días post instalación del ensayo los primeros 11 tratamientos del test no se diferencian significativamente entre ellos, incluyendo al testigo. Los tratamientos que se encuentran sin diferencia significativa al testigo corresponden a diferentes combinaciones de temperatura, imbibición en agua como en  $H_2O_2$  y escalas de tiempo, cada tratamiento se puede corroborar con la tabla de referencia presentada anteriormente.

Figura No. 21. Control 2 (27/6/2016)



#### 4.4. EVALUACIÓN CONTROL 3 (2/7/2016)

El control tres de germinación del ensayo corresponde a los 15 días dpi, es decir, la mitad del periodo de evaluación.

Tanto el control tres como el control cuatro se consideran de gran importancia para evaluar la uniformidad de germinación de la semilla, por lo tanto con la aplicación de tratamientos previos a la germinación en la semilla, se trata de aumentar su poder germinativo como también de adelantar la emergencia de cada plántula, aumentando el número de semilla germinadas y teniendo al final del periodo de germinación plántulas con un mayor vigor, debido a un mayor tiempo de crecimiento.

#### 4.4.1. Análisis estadístico control 3

Cuadro No. 12. Análisis de la varianza control 3

Variable	N	R <sup>s</sup>	R <sup>s</sup> Aj	CV
Germinación	93	0,97	0,95	20,33

F.V	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo.	149752,355	32	4679,76	59,09	<0,0001
tratamiento	149491,421	30	4983,05	62,92	<0,0001
Repetición	260,9335	2	130,47	1,65	0,2012
Error	4751,6641	60	79,19		
Total	154504,019	92			

Se observa, la continuidad a través de los diferentes controles que se mantiene la significancia en el ensayo, por lo tanto para un alfa de 0,05 se rechaza la hipótesis nula, como se venía marcando anteriormente.

Cuadro No. 13. Test Tukey control 3

Tratamiento	Media	N	Referencia
2.2.2	90,21	3	A
2.2.3	89,68	3	A
1.3.2	88,89	3	A
1.2.1	87,57	3	A
2.2.4	85,98	3	A
1.1.2	85,71	3	A
1.2.2	83,86	3	A
1.2.3	83,07	3	A
2.2.1	82,8	3	A
2.1.1	82,54	3	A
2.2.5	80,69	3	A
1.2.4	80,42	3	A
1.2.5	80,16	3	A
<b>Testigo</b>	<b>76,19</b>	<b>3</b>	<b>A</b>
2.1.2	73,28	3	A

Como se planteó anteriormente, a modo de resumen se listaron los 15 mejores tratamientos obtenidos por el test de Tukey (Anexo No. 3 datos completos test de Tukey), el valor para que dos medias sean estadísticamente significativas corresponde a 28,73129.

Al obtener un valor alto de diferencia media significativa arrojado por el test de Tukey, el efecto que tuvo sobre los 15 mejores tratamientos es que no se generara una diferencia significativa sobre los tratamientos, por lo cual se le otorga la misma letra.

En este punto de control, pasado 15 días post instalación del ensayo, se justificaría la elección de cualquiera de los primeros 16 tratamientos debido a que la diferencia entre cada uno no es significativa; dentro de los cuales se encuentra el testigo.

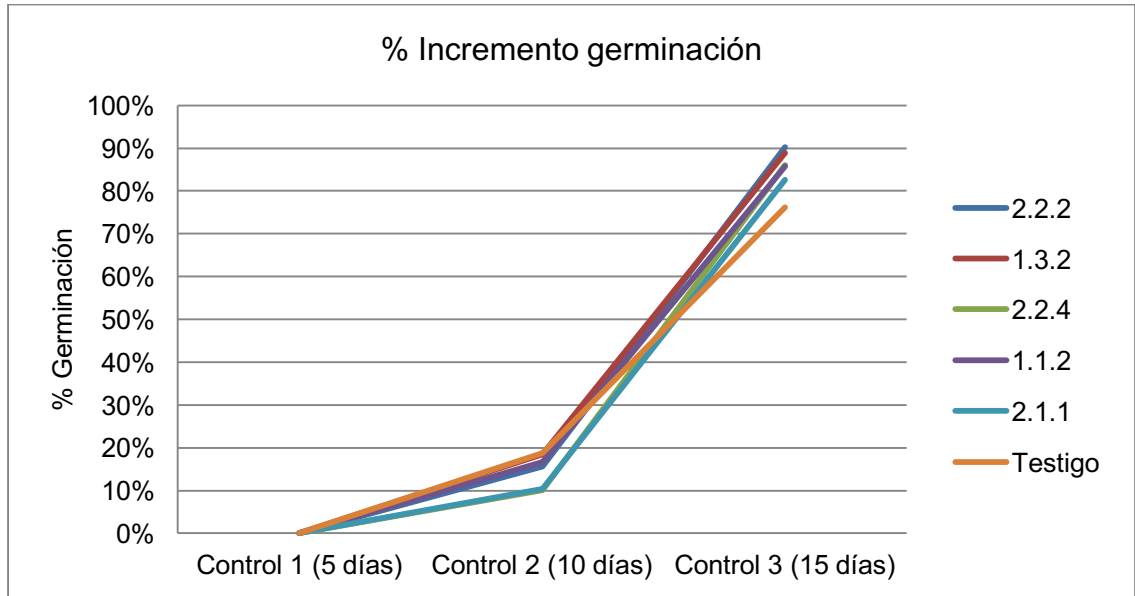
Otro de los puntos a analizar, que se había planteado como objetivo secundario, corresponde a la uniformidad de germinación de la semilla, hace referencia a la consistencia con la que emergen las plántulas, lo deseado en todos los casos es que el periodo de germinación en la bandeja sea lo más cercano posible a la fecha de siembra y que el porcentaje de germinación sea alto, con el fin de llegar a un ciclo germinativo (30 días) con la bandeja completa, las plántulas de igual tamaño y gran vigor.

Cuadro No. 14. Incremento germinación periodo 10 – 15 días dpi

Tratamiento	Control 2	Control 3	% Incremento
2.2.2	16%	90%	75%
2.2.3	22%	90%	67%
1.3.2	19%	89%	70%
1.2.1	26%	88%	61%
2.2.4	10%	86%	76%
1.1.2	17%	86%	69%
1.2.2	19%	84%	65%
1.2.3	18%	83%	65%
2.2.1	24%	83%	59%
2.1.1	10%	83%	72%
2.2.5	22%	81%	58%
1.2.4	23%	80%	57%
1.2.5	19%	80%	61%
<b>Testigo</b>	<b>19%</b>	<b>76%</b>	<b>57%</b>
2.1.2	11%	73%	62%
1.1.1	20%	63%	44%
1.3.1	6%	20%	15%
1.1.3	0%	7%	7%
1.3.3	1%	7%	6%
2.3.2	0%	5%	5%
1.3.5	1%	2%	1%
1.3.4	0%	1%	1%

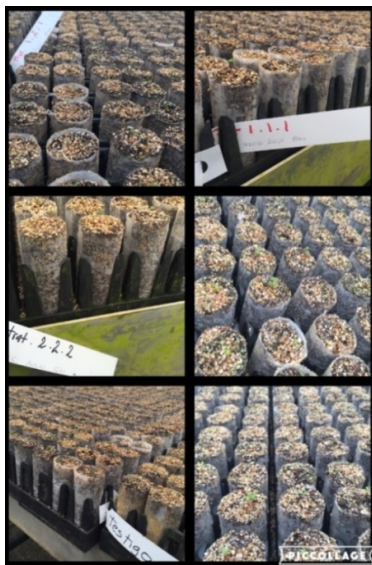


Gráfico No. 1. % incremento germinación 15 días dpi



Por medio de la representación gráfico de los tratamientos con mejor comportamiento de uniformidad, se puede observar la tendencia marcada a partir del segundo control como el porcentaje de germinación aumenta exponencialmente entre los controles dos y tres hasta niveles de germinación casi finales, lo cual es muy importantes dado las ventajas que se manejan anteriormente.

Figura No. 22. Control 3 (2/7/2016)



#### 4.5. EVALUACIÓN CONTROL 4 (7/7/2016)

El control cuatro se realizó en la fecha correspondiente al 7 de julio del presente año, y corresponde a la evaluación del periodo de 20 días después de instalado el ensayo.

Al igual que en el control tres, posee gran importancia para la evaluación de la uniformidad de germinación de la semilla, por lo tanto se presenta nuevamente el gráfico de incremento de germinación, incluyendo el control a los 20 días dpi.

##### 4.5.1. Análisis estadístico control 4

Cuadro No. 15. Análisis de la varianza control 4

Variable	N	R <sup>s</sup>	R <sup>s</sup> Aj	CV
Germinación	93	1	1	6,24

F.V	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo.	181041	32	5657,53	617,32	<0,0001
tratamiento	181001,7	30	6033,39	658,33	<0,0001
Repetición	39,27	2	19,63	2,14	0,1263
Error	549,88	60	9,16		
Total	181590,9	92			

Los resultados en cuanto a la significancia del ensayo, continua siendo los mismos y se repiten todos los supuestos del modelo.

Continuando con la interpretación se presentan los resultados obtenidos del test de Tukey, donde se presentan los mejores tratamientos obtenidos (Anexo No. 4 resultados completo test de Tukey).

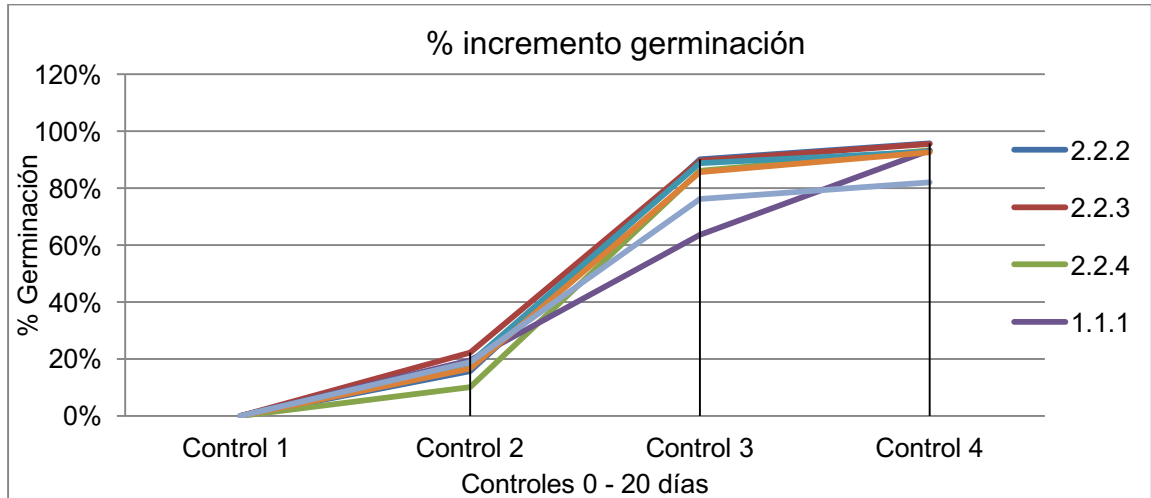
Cuadro No. 16. Test Tukey control 4

Tratamiento	Media	N	Referencia
2.2.2	95,77	3	A
2.2.3	95,5	3	A
2.2.4	93,39	3	A
1.1.1	93,39	3	A
1.3.2	92,86	3	A
1.2.2	92,86	3	A
1.1.2	92,59	3	A
1.2.5	92,59	3	A
1.2.4	92,06	3	A
2.2.1	91,8	3	A
1.2.1	90,21	3	AB
1.2.3	89,42	3	AB
2.1.1	88,1	3	AB
2.2.5	86,77	3	AB
2.1.2	86,24	3	AB
<b>Testigo</b>	<b>82,01</b>	<b>3</b>	<b>B</b>
1.3.1	21,96	3	C

De acuerdo a la prueba Tukey los primeros 15 tratamientos presentan diferencias estadísticamente significativas con respecto a los restantes, y por ser estos estadísticamente iguales, en este punto del periodo de germinación, se optaría por cualquiera de ellos. El testigo se encuentra por fuera de estos mejores tratamientos y siendo significativamente diferente, por lo tanto se justificaría su no elección o la aplicación de los tratamientos pre-germinativos citados.

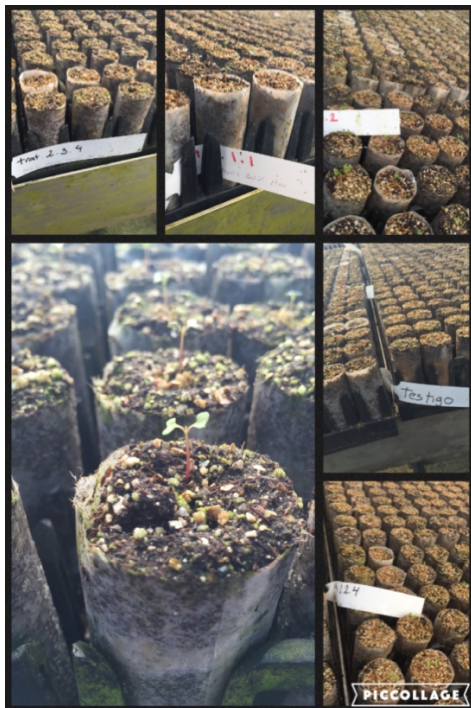
Se evalúa la uniformidad de germinación de la semilla mediante, un gráfico de % de incremento de germinación.

Gráfico No. 2. % incremento germinación 20 días dpi



Por medio de la representación gráfica del porcentaje de incremento de germinación hasta el periodo marcado, se observa una clara explosión de la germinación marcada entre el control dos y tres (10 – 15 días después de la siembra), donde el porcentaje de germinación crece en forma exponencial.

Figura No. 23. Control 4 (7/7/2016)



#### 4.6. EVALUACIÓN CONTROL 5 (12/7/2016)

Continuando con el módulo de resultados, se presentan los datos y el análisis del control cinco (periodo de evaluación comprendido entre 0 – 25 días después de la instalación del ensayo).

El análisis comprenderá a la demostración de la significancia del ensayo, como se realizó para cada control y un posterior test de Tukey para ver en caso de que el modelo sea significativo las diferencias encontradas entre tratamientos.

En cuanto a la uniformidad de germinación, se evaluó en el control tres como en el control cuatro, encontrándose el momento de mayor explosión de germinación, por lo tanto para este control no se presentan datos de % incremento de germinación.

##### 4.6.1. Análisis estadístico control 5

Cuadro No. 17. Análisis de la varianza control 5

Variable	N	R <sup>s</sup>	R <sup>s</sup> Aj	CV
Germinación	93	1	1	5,75

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	184905,9	32	5778,31	721,13	<0,0001
tratamiento	184836,1	30	6161,2	768,92	<0,0001
repetición	69,75	2	34,87	4,35	0,0172
Error	480,77	60	8,01		
Total	185386,6	92			

Se aplican los mismos supuestos y conclusiones obtenidas en los controles anteriores, sobre la significancia del modelo. Por lo tanto con un alfa de 0,05 se rechaza la hipótesis nula con un 95 % de probabilidad de cometer error de tipo 2. Se presenta la prueba de Tukey con el fin de evaluar la significancia entre los diferentes tratamientos.

Cuadro No. 18. Test Tukey control 5

Tratamiento	Media	N	Referencia
2.2.2	97,35	3	A
1.2.4	96,56	3	A
2.2.3	96,56	3	A
2.2.4	96,56	3	A
1.2.5	95,24	3	AB
1.1.1	93,65	3	AB
1.2.2	93,39	3	ABC
1.1.2	92,86	3	ABCD
1.3.2	92,59	3	ABCD
2.2.1	92,33	3	ABCD
1.2.1	92,06	3	ABCD
1.2.3	90,74	3	ABCD
2.1.1	88,62	3	ABCD
2.1.2	86,24	3	BCD
2.2.5	84,39	3	CD
<b>Testigo</b>	<b>84,13</b>	<b>3</b>	<b>D</b>
1.3.1	25,66	3	E

Transcurrido 25 días dpi, se mantiene la tendencia de supremacía de un buen número de tratamientos sobre el testigo, lo que nos marca a priori, que la aplicación de tratamientos pre-germinativos genera una aumento del porcentaje de germinación contrastándolo con la siembra de la semilla seca (Anexo No. 5 resultado completo test de Tukey).

Las diferencias continúan siendo significativas contra el testigo y al pasar los controles se asienta más las diferencias.

Figura No. 24. Control 5 (12/7/2016)



#### 4.7. EVALUACIÓN CONTROL 6 (17/7/2016)

El control seis corresponde al último punto de evaluación del ensayo y abarca desde el día 0 (siembra e instalación del ensayo) hasta los 30 días correspondientes al periodo de germinación por la empresa, posteriormente el ensayo pasa a sombra y luego continua con la clasificación. La evaluación de datos solo se centra en el periodo crítico de 30 días comprendidos por la germinación.

Con el fin de realizar un análisis completo de datos, se procederá tanto con el análisis de la varianza y prueba de Tukey, también se presentan contrastes y un panorama completo de la uniformidad de germinación.

##### 4.7.1. Análisis estadístico control 6

Cuadro No. 19. Análisis de la varianza control 6

Variable	N	R <sup>s</sup>	R <sup>s</sup> Aj	CV
Germinación	93	1	1	5,5

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	187069,3	32	5845,92	783,38	<0,0001
tratamiento	187010,6	30	6233,69	835,35	<0,0001
repetición	58,68	2	29,34	3,93	0,0249
Error	447,74	60	7,46		
Total	187517,1	92			

Una vez presentado el análisis de la varianza del control seis, se observa que la significancia del modelo continua igual, no se generaron cambios, se continúan con los supuestos del modelo y se rechaza la hipótesis nula, es decir, el uso de los tratamientos pre-germinativos poseen un efecto en el índice de germinación de la semilla (<0,0001).

Observando la fuente de variación repetición, el p-valor obtenido (0,0249), se concluye que el modelo es significativo también para repetición, se rectifica que dentro de las 3 repeticiones en cada tratamiento se generan diferencias significativas, no siendo tan uniformes los valores de repetición para cada tratamiento como sucedió para los controles anteriores.

Continuando con el análisis de los datos se presentaran los resultados del test de Tukey junto a su representación gráfica con el fin de ilustrar los mejores tratamientos de aquellos que no obtuvieron un buen resultado.

Cuadro No. 20. Test Tukey control 6

Tratamiento	Media	N	Referencia
1.2.4	98,15	3	A
1.2.5	97,62	3	A
2.2.2	97,35	3	A
2.2.4	96,83	3	A
2.2.3	96,56	3	A
1.2.2	94,44	3	AB
1.1.1	94,44	3	AB
1.1.2	94,18	3	ABC
1.3.2	93,12	3	ABC
2.2.1	92,86	3	ABCD
1.2.1	92,06	3	ABCD
1.2.3	90,74	3	ABCD
2.1.1	89,68	3	ABCD
2.1.2	86,77	3	BCD
2.2.5	85,45	3	CD
Testigo	84,13	3	D
1.3.1	25,66	3	E
2.3.2	9,52	3	F

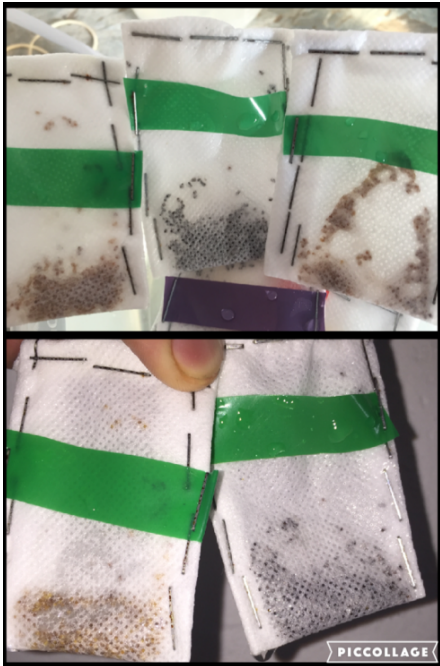
A modo de resumen, al igual que en los casos anteriores, los resultados completos del test de Tukey serán presentados en la sección de anexos (Anexo



No. 6), solo se presentan en el capítulo de resultados los mejores tratamientos obtenidos.

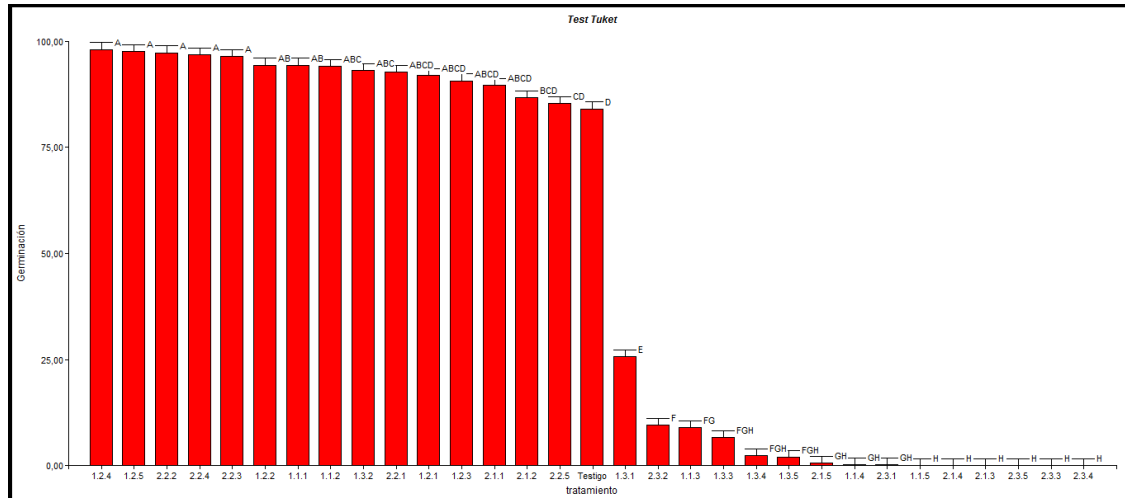
De modo de visualizar mejor los tratamientos, se destacó el test de Tukey con diferentes colores, con el fin de un mejor abordaje. Por un lado los tratamientos que fueron pintados de color violeta representan combinaciones de diferentes temperaturas (25 – 35°C), periodos de imbibición en agua y diferentes escalas de tiempo. En cuanto a los tratamientos que fueron pintados de color celeste corresponden a combinaciones de diferentes temperaturas (25 – 35°C), periodos de imbibición en H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y diferentes escalas de tiempo.

Figura No. 25. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20% - agua – H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% 48 horas



Por medio de la imagen se ve el claro efecto del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en periodos prolongados de tiempo sobre la semilla, generando porcentajes de germinación muy bajos.

Gráfico No. 3. Test de Tukey control 6



#### 4.7.2. Contrastes

Con el objetivo de aportar más información al capítulo de resultados se generaron una serie de contrastes para evaluar la significancia tanto entre grupos específicos o entre diferentes materiales.

Se realizó una serie de tres contrastes que se citan a continuación:

- testigo vs resto
- tratamientos a 25°C vs tratamientos a 35°C
- tratamientos con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20% vs tratamientos con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30%

A continuación se presentan los datos obtenidos de los contrastes analizados en el infostat.

Cuadro No. 21. Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E	SC	gl	CM	F	p-valor
Testigo vs Resto	1067	48	3675,71	1	3675,71	492,56	<0,0001
Tratamientos a 25°C vs Tra..	145	9	2094,07	1	2094,07	280,62	<0,0001
Tratamientos con H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 20% ..	235	7	8315,49	1	8315,49	1114,32	<0,0001
Total			14085,27	3	4695,09	629,17	

Presentado los contrastes establecidos, se obtiene una clara significancia en cada uno de ellos. Esto nos marca la gran significancia que existe dentro de cada tratamiento establecido junto con el testigo.

Otro de los puntos que obtenemos como resultados y de gran utilidad recae en el segundo contraste, el que no muestra la presencia de diferencias significativas entre los dos diferentes grupos de tratamientos agrupados por las temperaturas (25 – 35°C).

Debido a las diferencias encontradas entre los dos grupos, se realizó un análisis comparativo entre ambos con el fin de poder establecer en parámetros generales, una temperatura que nos genere una mayor rentabilidad de la semilla.

En término generales, a partir de los datos recabados del control seis, se generó un análisis de datos por medio de la germinación acumulada por cada grupo de temperaturas testeadas (incluyendo aquellos tratamientos en los cuales su porcentaje de germinación fue 0).

Mediante los datos promedios obtenidos de la germinación acumulada de cada grupo, 53% para el grupo de tratamientos sometidos a 25°C y 43% para el grupo de 35°C se puede concluir en términos generales, que la temperatura que estaría ofreciendo mejores condiciones para germinar sería la de 25°C.

Continuando con la evaluación de los contrastes, otro de los puntos importantes recae en el contraste número tres (tratamientos con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20% vs tratamientos con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30%), debido a la importancia en la búsqueda de la dosis óptima de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> que genere mejores resultados.

Se realizaron los mismos procedimientos de evaluación que en el contraste anterior, por lo tanto el análisis de datos fue a partir del control seis, analizar los datos promedios de la germinación acumulada de cada grupo (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20% - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30%).

Los datos obtenidos se generaron por medio de promedio de germinación y correspondieron en el caso del grupo de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20% a 37% y en cuanto al grupo de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% genero un promedio de 14%. Por lo tanto los datos son muy significativos; marcando una gran tendencia hacia dosis de 20 % de agua oxigenada.

El valor a continuar testeando es con dosis menores o apenas superiores a H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20%, debido a que la aplicación de dosis mayores provoca un quemado de semilla como se demostró anteriormente.

#### 4.7.3. Uniformidad de germinación

A continuación se presentara la gráfica completa de porcentaje de incremento de germinación para los mejores tratamientos arrojados por el test de Tukey, contemplando todos los controles realizado abarcando del día 0 o fecha de instalación del ensayo hasta los 30 días (periodo contemplado para la germinación).

Gráfico No. 4. % incremento germinación 0 - 30 días dpi

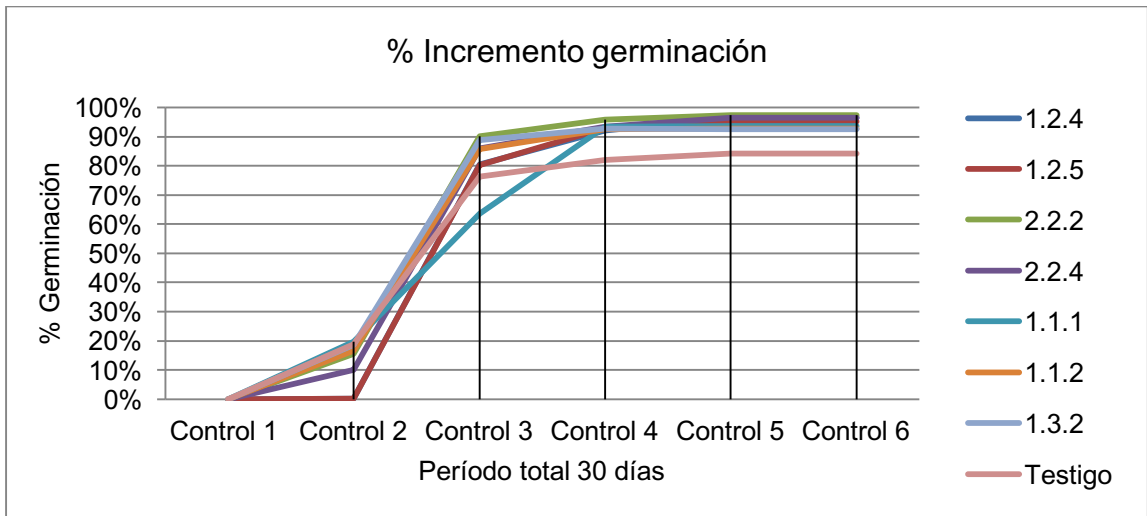


Figura No. 26. Control 6 (17/7/2016)



## 5. CONCLUSIONES

Se evaluó la aplicación de diferentes tratamientos pre-germinativos en semilla de *Eucalyptus dunnii*, con el objetivo de generar mejores resultados en germinación e uniformidad potencial de su semilla.

El análisis estadístico encontró la presencia de interacción fecha por tratamiento por lo cual la evaluación se realizó independiente para cada tratamiento con el fin de evaluar su evolución. Se tomaron como datos representativos, los correspondientes al control seis debido a que realmente se expresaron los resultados de los mejores tratamientos.

- Control 1

No se generaron datos de germinación.

- Control 2

El tratamiento que presenta un mejor índice de germinación, pasado el control dos corresponde a una combinación de 25°C, imbibición en agua y una escala de tiempo de 8 horas. En cuanto al mejor tratamiento utilizando dosis de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> corresponde al 1.1.1 (25°C - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20 % - 8 horas), sin embargo como se observó anteriormente no se diferencian significativamente con el testigo.

- Control 3

Por medio de los datos obtenidos de la ANAVA para un alfa de 0,05 que se planteó al inicio del análisis de dato, el p-valor obtenido en la fuente de variación repetición es mayor por lo tanto dentro de las tres repeticiones en cada tratamiento no se generan diferencias significativas.

Si bien la diferencia en medias entre el testigo y los primeros tratamientos clasificados (2.2.2 – 2.2.3 – 1.3.2) es considerable, no se separan estadísticamente. En cuanto a los tratamientos que poseen las mejores medias pertenecen a combinaciones de 35°C, imbibición en agua y escala de tiempo de 12 y 24 horas como son el caso de los tratamientos 2.2.2 y 2.2.3. En cuanto al tercer tratamiento corresponde al tratamiento de 25°C, imbibición en 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y escala de tiempo de 12 horas.

Otro de los puntos a evaluar que se marco a priori dentro del control tres, corresponde a la uniformidad de germinación, haciendo referencia al objetivo secundario perseguido por la tesis.

Mediante el test de Tukey, también utilizando las tablas de evaluación de control de cada tratamiento, se puede observar que la germinación se

concentró dentro del periodo transcurrido entre el control dos y tres (10 – 15 días), incrementando su capacidad germinativa en algunos casos 6 veces más (Cuadro No. 14).

- Control 4

Se presentan con mejores medias los tratamientos que corresponden a combinaciones de 35°C, imbibición en agua y diferente escala de tiempo (2.2.2 – 2.2.3 – 2.2.4), por otro lado continuando con los tratamientos con mejor media aparecen diferentes tratamientos que involucran diferentes dosis de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, que se citan a continuación:

- 1.1.1 (25°C - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20 % - 8 horas)
- 1.3.2 (25°C - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30 % - 12 horas)
- 1.1.2 (25°C - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20 % - 12 horas)

Ya pasados 20 días después de la instalación del ensayo se comienza a observar efecto positivo del uso de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> como tratamiento pre-germinativo, debido a la diferencia significativa sobre el testigo que muestra el test de Tukey. Otra de las observaciones que se empiezan a visualizar es la superioridad de los tratamientos de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sometidos a 25°C que aquellos que se sometieron a 35°C (tratados con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

Se marcaron como periodos críticos para evaluar la uniformidad de germinación del material, el control tres como el cuatro. Una vez realizado el análisis y posterior representación gráfica se descarta el control cuatro y se centraliza la mayor germinación entre los 10 a 15 días después de la instalación del ensayo.

Si bien el testigo presenta un menor porcentaje de germinación, representa el mismo comportamiento en referencia a la uniformidad (Gráfico No. 2). Presenta un inicio desfasado en un día para el incremento exponencial, pero como se aclaró anteriormente en cuanto a la uniformidad presenta el mismo comportamiento que en los diferentes tratamientos propuestos.

- Control 5

En cuanto a los tratamientos que predominan, se mantiene como mejor tratamiento el 2.2.2 (35°C - agua - 12 horas), pero junto al 1.2.4, 2.2.3, 2.2.4, 1.2.5, 1.1.1, 1.2.2, 1.1.2, 1.3.2, 2.2.1, 1.2.1, 1.2.3, 2.1.1 no presentan diferencias significativas; por lo tanto se justificaría la elección de cualquiera de estos tratamientos en este punto del periodo de evaluación transcurrido.

Dentro de los tratamientos que se separaron significativamente del resto como mejores, se debe destacar la presencia de los tratamientos: 1.1.1, 1.1.2,

1.3.2, 2.1.1 que corresponden a tratamientos en los cuales se realizó la aplicación de diferentes dosis de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> como se muestra en la referencia de los tratamientos.

- Control 6

Como se planteó en las etapas iniciales del capítulo de resultados, a partir del presente control se obtendrán los verdaderos resultados del ensayo planteado, debido a la presencia de interacción fecha por tratamiento que se demostró anteriormente.

Como primera conclusión generada por el test, se obtiene una clara diferenciación significativa de muchos tratamientos sobre el testigo, por lo tanto se puede hablar de un efecto positivo de la aplicación de tratamientos pre-germinativos en semilla.

Continuando con la interpretación de los datos, se marcan 13 tratamientos los cuales se encuentran diferenciados sobre el resto, otorgando los mejores resultados del ensayo. Al no presentar diferencias significativas entre ellos, a modo de recomendación, se recomendaría la utilización de cualquiera de ellos debido a la ausencia de diferencias significativas, por lo tanto se cometería un error al destacar uno sobre el otro.

1.2.4	98%
1.2.5	98%
2.2.2	97%
2.2.4	97%
2.2.3	97%
1.2.2	94%
1.1.1	94%
1.1.2	94%
1.3.2	93%
2.2.1	93%
1.2.1	92%
1.2.3	91%
2.1.1	90%

Los mejores tratamientos corresponden a diferentes combinaciones como se marcó anteriormente. El tratamiento con mejor media corresponde al 1.2.4 (25°C – agua – 36 horas), obteniendo un valor de germinación promedio entre las repeticiones de 98%, muy superior al 84% registrado por el testigo.

Dentro de los tratamientos con  $H_2O_2$  (agua oxigenada), el que presenta mejor media es el tratamiento 1.1.1 ( $25^\circ C - H_2O_2$  20% - 8 horas), presentando concluido el periodo de evaluación 94% de germinación.

Los tratamientos que se clasificaron con mejores medias son producto de imbibición en agua a temperaturas de  $25^\circ C$  seguidas de temperatura a  $35^\circ C$ . Una conclusión que se pudo extraer del test corresponde a las temperaturas sometida y escalas temporarias de los mejores tratamientos, se observó durante y el final del ensayo ya con el análisis de datos realizados que los mejores tratamientos a  $25^\circ C$  correspondían a escalas de tiempo grandes (36 – 48 horas), en cuanto a los mejores tratamientos a  $35^\circ C$  se le asociaban escalas de tiempo menores (12 – 24 horas). Por lo tanto se puede realizar una conclusión a priori que aquellos tratamientos que fueron puesto a temperaturas de  $35^\circ C$  y escalas de tiempo bajas tuvieron un efecto positivo sobre aquellas en el cual el periodo fue más largo, produciendo efectos contraproducentes debido a las altas temperaturas predeterminadas.

Al aumentar la temperatura, la tasa de imbibición aumenta exponencialmente hasta un punto luego decae debido a un efecto contraproducente en el metabolismo de la semilla. Otro de los parámetros que se ve afectado por la temperatura es la viscosidad del agua la cual tiene una relación inversa con la temperatura (aumentando la viscosidad a mayor temperatura y generando una mejor velocidad de imbibición).

Conforme se incrementa la temperatura aumenta la intensidad de las reacciones metabólicas y a la vez disminuye la solubilidad del oxígeno en el agua de imbibición, lo que reduce la cantidad de oxígeno disponible para el embrión. Si bien la temperatura aumenta la velocidad de imbibición de la semilla, no afecta la tasa final de absorción (García Breijo et al., 2006).

Como contraparte los tratamientos que se evaluaron a  $25^\circ C$  el efecto fue contrario, obteniéndose mejores resultado cuanto mayor periodo de imbibición tenía la semilla, esto se justifica por lo dicho por García Breijo et al. (2006), que a menor temperatura se obtiene una mayor solubilidad del oxígeno en el agua por lo tanto aumentando el tiempo de exposición obtendríamos mejores resultados que periodos cortos de exposición.

Por otra parte se encuentran los tratamientos que se componen de imbibición en agua oxigenada ( $H_2O_2$ ), tanto a temperaturas de  $35$  como  $25^\circ C$ . Dentro de los mejores 13 resultados obtenidos encontramos los siguientes tratamientos: 1.1.1, 1.1.2, 1.3.2, 2.1.1 y 2.1.2. Donde se marcan claras pautas sobre la acción del  $H_2O_2$  y su efecto sobre la semilla en imbibición.



Los mejores resultados tanto en temperaturas de 25 como 35°C se obtuvieron a escalas de tiempo inferiores, marcándose un efecto de quemado de semilla en tiempos prolongados de imbibición, generando porcentajes de germinación muy bajos (Figura No. 25).

Por otro lado se obtuvo un buen resultado cuando el periodo de exposición de la semilla a la solución fue bajo, debido a un efecto de escarificación mezclado al proceso de imbibición, que genero condiciones viable para obtener buenos resultados de germinación. Por lo tanto se justifican periodos de exposición menores a 12 horas para obtener resultados sobre los testigos.

Otro de los puntos a evaluar, al igual que se hizo para los tratamientos de imbibición solo en agua es el efecto de la temperatura, pero el mismo obedece el mismo comportamiento que en el punto anterior. Es por esto mismo que dentro de los mejores 13 tratamientos aquellos que presentan mejor media y fueron tratados con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> son los que se expusieron a temperaturas de 25°C.

Con el propósito de aumentar la rentabilidad de uso de la semilla se propone la implementación de cualquiera de estos 13 tratamientos debido a que las diferencias encontradas entre ellos no son significativas. Obteniendo diferentes tratamientos que nos generan una mejor germinación en el material y pueden ser filtrados según rentabilidad.

En referencia a la uniformidad de germinación, en las condiciones del ensayo, se contactó niveles de germinación en las bandejas a partir de transcurrido el primer control (5 – 10 días post instalación), obteniéndose los mayores incrementos entre el control dos al control tres. La evaluación de la uniformidad de germinación no arrojo valores significativos entre los tratamientos y el testigo, obteniendo el periodo de mayor incremento en porcentaje de germinación entre los 10 – 15 días dpi para todos los tratamientos, junto con el testigo, por lo tanto la aplicación de los diferentes tratamientos pre-germinativos no genero un avance notorio o significativo sobre el adelanto de la germinación.

A pesar de que *Eucalyptus dunnii* se considera una especie recalcitrante, si se manejan con precisión las técnicas, modificando las condiciones del ambiente tanto de germinación como pre-siembra (aplicación de tratamientos pre-germinativos) se pueden obtener buenos resultados en pequeña escala, que con trabajo e investigación se pueden llevar a un nivel de producción comercial (vivero), sobre todo en sistemas de imbibición de semilla.

## 6. RESUMEN

Actualmente en Uruguay el *Eucalyptus dunnii* es una especie que se ha tornado de gran importancia en la producción de pulpa de celulosa, debido a su adaptación a las condiciones edafo-climáticas presentes en el territorio nacional, con especial énfasis en tolerancia a las heladas. Esto ha permitido aumentar el aprovechamiento de los campos forestales pudiendo plantar en terrenos donde otras especies de *Eucalyptus* hasta el momento no prosperaron. Uno de los problemas que presenta esta especie es la baja cantidad de semillas que produce, presenta una demora en su madurez fisiológica. En el litoral (al norte del Río Negro) hay evidencias de que ésta especie comenzó a florecer recién al noveno año y la floración presenta una alternancia de aproximadamente dos años. En la actualidad, la mayor parte de la demanda de semillas de *Eucalyptus dunnii* se satisface a través de la importación desde su zona de origen en Australia. El trabajo se basó en la planificación y ejecución de tratamientos pre-germinativos en semilla de *Eucalyptus dunnii* procedente de Australia. Se aplicaron cuatro tratamientos en total, de los cuales el primero correspondió al testigo y los restantes tres a combinaciones de temperatura, imbibición en agua e imbibición en H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y diferentes escalas de tiempo. El periodo de evaluación del ensayo se concentró en 30 días (período establecido para germinación, 17 de junio – 17 de julio del 2016), repartidos en controles cada cinco días, por lo tanto las etapas de evaluación corresponden a seis controles, en los cuales se evaluó geminación y uniformidad. El análisis de datos correspondiente, se realizó con la herramienta informática Infostat (versión estudiantil 2016). El análisis estadístico se realizó individual para cada fecha de control, centrándose en la última debido a que se evaluaron el total de los datos mediante el análisis de la varianza, encontrándose la presencia de interacción fecha por tratamiento, por lo tanto las evaluaciones fueron individuales. Mediante la evaluación de uniformidad de germinación, se obtuvo el gráfico de porcentaje de incremento de germinación, donde se destaca el periodo en el cual el mismo creció exponencialmente y donde se centraría la germinación (periodo entre los 10 – 15 días post siembra), no encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo. El análisis estadístico realizado en el control seis arrojó mediante el análisis de la varianza la presencia de significancia entre los tratamientos. Se evaluaron los tratamientos mediante el test de Tukey generando un cuadro completo de comparación de tratamientos. Los resultados obtenidos marcaron la presencia de 13 tratamientos que se encontraban significativamente mejor que el resto, incluyendo al testigo. Dentro de los mejores tratamientos encontramos tratamientos formados por combinación de temperatura – imbibición en agua – escala de tiempo (1.2.4) y también tratamientos formados por temperatura – imbibición en H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – escala de tiempo (1.1.1). La presencia de tratamientos significativamente diferentes al testigo, nos permite recomendar como

tratamiento pre-germinativo cualquiera de estos 13 mejores tratamientos debido a que no presentan diferencias significativas entre ellos pero si sobre el testigo, por lo tanto marcaron un aumento en la germinación y estarían representando una mejora en la rentabilidad de la siembra comparado al testigo. Estudios posteriores en diferente etapa del año o la búsqueda de diferentes temperaturas o dosis de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> podrían generar mejor resultado más que nada en la uniformidad de germinación.

Palabras clave: *Eucalyptus dunnii*; Germinación; Dormancia; Tratamientos pre-germinativos.

## 7. SUMMARY

Currently in Uruguay the *Eucalyptus dunnii* is a species that has become of great importance in the production of pulp of cellulose, due to its adaptation to the edafo-climatic conditions present in the national territory, with special emphasis on tolerance to frost. This has allowed to increase the use of the forest fields being able to plant in lands where other species of *Eucalyptus* until the moment did not prosper. One of the problems that presents this species is the low amount of seeds that produces, presents a delay in his physiological maturity. On the coast (north of the Rio Negro) there is evidence that this species began to flower only at the 9<sup>th</sup>. year and flowering has an alternation of approximately two years. At present, most of *Eucalyptus dunnii* seed demand is met through importation from its area of origin in Australia. The objectives of the work are focused on the search for treatments that ensure a higher percentage of germination and uniformity at the time of sowing, highly correlated with the profitability of the seed. The work was based on the planning and execution of pre-germinative treatments in *Eucalyptus dunnii* seed from Australia. Four treatments were applied in total, of which the first corresponded to the control and the remaining three to combinations of temperature, imbibition in water and imbibition in H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and different time scales. The evaluation period of the trial was concentrated in 30 days (period established for germination, June 17<sup>th</sup>. - July 17<sup>th</sup>. 2016), distributed in controls every five days, therefore the evaluation stages correspond to 6 controls, in which Germination and uniformity were evaluated. The corresponding data analysis was carried out using the Infostat computer tool (student version 2016). Statistical analysis was performed individually for each control date, focusing on the last one because the first step was evaluated the total data by analysis of the variance, being the presence of interaction date by treatment, therefore the evaluations were Individuals. By means of the evaluation of germination uniformity, the germination increase % graph was obtained, highlighting the period in which it grew exponentially and where the germination would be centered (period between 10 - 15 days post sowing), not being found Difference between the treatments and the control. The statistical analysis performed in the control six test by the analysis of the variance the presence of significance between the treatments. Therefore they were evaluated by the Tukey test, generating a complete table comparing treatments. The results obtained marked the presence of 13 treatments that were significantly better than the rest, including the control. Among the best treatments we find treatments formed by combination of temperature - imbibition in water - time scale (1.2.4) and also treatments formed by temperature - imbibition in H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> - time scale (1.1.1). The presence of treatments significantly different to the control, allows us to recommend as pre-germinative treatment any of these 13 better treatments because they do not present significant differences between them but if on the control, therefore they marked an

increase in the germination and they would be representing An improvement in the profitability of sowing compared to the control. Later studies in different stages of the year or the search for different temperatures or doses of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> could generate better results than the germination uniformity.

Keywords: Eucalyptus dunnii; Germination; Dormancy; Pre-germinative treatments.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Assanelli, J.; Godiño, M. 2010. Alternativas de control de malezas en *Eucalyptus dunnii* en plantación de otoño. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 63 p.
2. Azcón-Bieto, J.; Talón, M. 2000. Fundamentos de fisiología vegetal. 2a.ed. Madrid, Interamericana-McGraw-Hill. 522 p.
3. Balmelli, G.; Resquin, F. 2006. Productividad de diferentes especies de *Eucalyptus* sobre areniscas de Tacuarembó-Rivera. In: Bemhaja, M.; Pittaluga, O. eds. 30 años de investigación en suelos de areniscas INIA Tacuarembó. Montevideo, INIA. pp. 305-312 (Serie Técnica no. 159).
4. Baskin, C. C.; Baskin, J. M. 1985. The annual dormancy cycle in buried weed seeds. *Bioscience*. 35 (8): 492-498.
5. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 1998. Seeds; ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. San Diego, CA, Academic Press. 668 p.
6. Benech-Arnold, R. L.; Sánchez, R. A.; Forcella, F.; Kruk, B. C.; Ghersa, C. M. 2000. Environmental control of dormancy in weed seed soil banks. *Field Crops Research*. pp. 1-18.
7. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2004. Handbook of seed physiology; applications to agriculture. New York, Routledge. 484 p.
8. Brussa, C. A. 1994. *Eucalyptus*; especies de cultivo más frecuente en Uruguay y regiones de clima templado. Montevideo, Hemisferio Sur. 328 p.
9. Damboriarena, F.; García Pintos, N. 2010. Características germinativas de semillas de *Capim annoni* 2 (*Eragrostis plana* Ness). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 50 p.
10. Delfino, R.; Nicoli, N. 1985. Tratamientos de presembrado en semillas de leguminosas Mimosoides indígenas, poder germinativo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 175 p.
11. De Souza Ibarra, R.; Grasso Rodríguez, R. 2012. Evaluación de un sistema de enraizamiento in vitro fotoautotrófico para *Eucalyptus dunnii*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 83 p.

12. Espeby, L. 1989. Germination of weed seeds and competition in stands of weeds and barley. Influences of mineral nutrients. s.l., Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Production Science. 172 p.
13. García Breijo, F. J.; Roselló Caselles, J.; Santamarina Ciurana, M. P. 2006. Introducción al funcionamiento de las plantas. Valencia, Universidad Politécnica de Valencia. 182 p.
14. Harper, J. L. 1959. The biology of weeds. In: Symposium of the British Ecological Society (1959, Oxford). Proceedings. s.l., Blackwell Scientific Publications. s.p.
15. Herrera, J.; Alizaga, R.; Guevara, E.; Jiménez, V. 2006. Germinación y crecimiento de la planta. San José, CR, Universidad de Costa Rica. 48 p.
16. Jovanovic, T.; Arnold, R.; Booth, T. 2000. Determining the climatic suitability of *Eucalyptus dunnii* for plantations in Australia, China and Central and South America (en línea). *New Forests*. 19: 215-226. Consultado 2 jun. 2016. Disponible en <http://www.springerlink.com/content/v2106w03882v3709/>
17. Marassi, M. 2009. Germinación de semillas parte III. (en línea). Valencia, Universidad Politécnica de Valencia. s.p. Consultado 9 jun. 2016. Disponible en [http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas/tema\\_17.htm](http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas/tema_17.htm).
18. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2015. Anuario estadístico agropecuario. (en línea). Montevideo. 215 p. Consultado 2 jun. 2016. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-anuario-2015,O,es,0>,
19. Ordoñez, A. 1987. Germinación de las tres especies de *Nothofagus siempreverdes* (Coigües), y variabilidad en la germinación de procedencias de Coigüe común (*Nothofagus dombeyi* (Mirb) Oerst). Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 134 p.

20. Varela, S.; Arana, V. 2011. Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. (en línea). Sistemas forestales Integrados. Cuadernillo no. 3: 1-10. Consultado 2 jun. 2016. Disponible en [http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_latencia.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_latencia.pdf)
21. Vegis, A. 1964. Dormancy in higher plants. Annual Review of Plant Physiology. 15: 185-224.
22. Vernengo, R. 2000. Estudios de germinación en tres especies del genero *Nothoscordum*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 52 p.
23. Willan, R. s.f. Guía para la manipulación de semillas forestales. (en línea). Roma, FAO. 158 p. (Estudio FAO, Montes no. 20/2). Consultado 2 jun. 2016. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/006/ad232s/ad232s00.htm#TOC>



## 9. ANEXOS

### Anexo No. 1. Test Tukey conjunto de tratamientos

Tratamiento	Media	N	Referencia
2.2.3	66,75	18	A
2.2.2	66,05	18	AB
1.2.4	65,04	18	ABC
1.2.1	64,73	18	ABC
1.3.2	64,33	18	ABC
1.2.5	64,07	18	ABC
2.2.1	63,93	18	ABC
1.2.2	63,89	18	ABC
2.2.4	63,8	18	ABC
1.1.2	63,67	18	ABC
1.2.3	62,04	18	ABCD
1.1.1	60,76	18	BCD
2.2.5	59,92	18	CD
2.1.1	59,88	18	CD
Testigo	57,54	18	D
2.1.2	57,28	18	D
1.3.1	16,53	18	E
1.1.3	5,78	18	F
2.3.2	4,67	18	FG
1.3.3	4,5	18	FG
1.3.5	1,23	18	FG
1.3.4	1,15	18	FG
2.1.5	0,62	18	FG
1.1.4	0,18	18	G
2.3.1	0,04	18	G
2.1.3	0	18	G
2.1.4	0	18	G
1.1.5	0	18	G
2.3.3	0	18	G
2.3.5	0	18	G
2.3.4	0	18	G

Anexo No. 2. Test Tukey control 2 resultado completo

Tratamiento	Media	N	Referencia
1.2.1	26,46	3	A
2.2.1	23,81	3	AB
1.2.4	23,02	3	AB
2.2.3	22,22	3	AB
2.2.5	22,22	3	AB
1.1.1	19,58	3	AB
1.2.2	18,78	3	ABC
1.2.5	18,78	3	ABC
<b>Testigo</b>	<b>18,78</b>	<b>3</b>	<b>ABC</b>
1.3.2	18,52	3	ABCD
1.2.3	18,25	3	ABCDE
1.1.2	16,67	3	BCDE
2.2.2	15,61	3	BCDE
2.1.2	11,11	3	CDEF
2.1.1	10,32	3	DEF
2.2.4	10,05	3	EF
1.3.1	5,56	3	FG
2.1.5	1,59	3	G
1.3.5	0,53	3	G
1.3.3	0,53	3	G
2.3.3	0	3	G
2.3.2	0	3	G
2.3.1	0	3	G
2.3.4	0	3	G
2.3.5	0	3	G
1.1.3	0	3	G
1.1.4	0	3	G
1.3.4	0	3	G
2.1.3	0	3	G
2.1.4	0	3	G
1.1.5	0	3	G

Anexo No. 3. Test Tukey control 3 resultado completo

Tratamiento	Media	N	Referencia
2.2.2	90,21	3	A
2.2.3	89,68	3	A
1.3.2	88,89	3	A
1.2.1	87,57	3	A
2.2.4	85,98	3	A
1.1.2	85,71	3	A
1.2.2	83,86	3	A
1.2.3	83,07	3	A
2.2.1	82,8	3	A
2.1.1	82,54	3	A
2.2.5	80,69	3	A
1.2.4	80,42	3	A
1.2.5	80,16	3	A
Testigo	76,19	3	A
2.1.2	73,28	3	A
1.1.1	63,49	3	A
1.3.1	20,37	3	B
1.1.3	7,41	3	B
1.3.3	6,61	3	B
2.3.2	5,03	3	B
1.3.5	1,59	3	B
1.3.4	0,79	3	B
2.1.5	0,53	3	B
1.1.4	0,26	3	B
2.1.3	0	3	B
2.3.1	0	3	B
2.1.4	0	3	B
2.3.5	0	3	B
2.3.4	0	3	B
2.3.3	0	3	B
1.1.5	0	3	B

Anexo No. 4. Test Tukey control 4 resultado completo

Tratamiento	Media	N	Referencia
2.2.2	95,77	3	A
2.2.3	95,5	3	A
2.2.4	93,39	3	A
1.1.1	93,39	3	A
1.3.2	92,86	3	A
1.2.2	92,86	3	A
1.1.2	92,59	3	A
1.2.5	92,59	3	A
1.2.4	92,06	3	A
2.2.1	91,8	3	A
1.2.1	90,21	3	AB
1.2.3	89,42	3	AB
2.1.1	88,1	3	AB
2.2.5	86,77	3	AB
2.1.2	86,24	3	AB
Testigo	82,01	3	B
1.3.1	21,96	3	C
1.1.3	9,26	3	D
1.3.3	6,61	3	D
2.3.2	6,35	3	D
1.3.4	1,59	3	D
1.3.5	1,59	3	D
2.1.5	0,53	3	D
1.1.4	0,26	3	D
2.3.3	0	3	D
2.3.1	0	3	D
1.1.5	0	3	D
2.1.3	0	3	D
2.3.5	0	3	D
2.3.4	0	3	D
2.1.4	0	3	D

Anexo No. 5. Test Tukey control 5 resultado completo

Tratamiento	Media	N	Referencia
2.2.2	97,35	3	A
1.2.4	96,56	3	A
2.2.3	96,56	3	A
2.2.4	96,56	3	A
1.2.5	95,24	3	AB
1.1.1	93,65	3	AB
1.2.2	93,39	3	ABC
1.1.2	92,86	3	ABCD
1.3.2	92,59	3	ABCD
2.2.1	92,33	3	ABCD
1.2.1	92,06	3	ABCD
1.2.3	90,74	3	ABCD
2.1.1	88,62	3	ABCD
2.1.2	86,24	3	BCD
2.2.5	84,39	3	CD
<b>Testigo</b>	<b>84,13</b>	<b>3</b>	<b>D</b>
1.3.1	25,66	3	E
1.1.3	8,99	3	F
2.3.2	7,14	3	F
1.3.3	6,61	3	F
1.3.4	2,12	3	F
1.3.5	1,85	3	F
2.1.5	0,53	3	F
1.1.4	0,26	3	F
2.1.4	0	3	F
2.3.4	0	3	F
2.3.5	0	3	F
2.1.3	0	3	F
1.1.5	0	3	F
2.3.1	0	3	F
2.3.3	0	3	F

Anexo No. 6. Test Tukey control 6 resultado completo

Tratamiento	Media	N	Referencia
1.2.4	98,15	3	A
1.2.5	97,62	3	A
2.2.2	97,35	3	A
2.2.4	96,83	3	A
2.2.3	96,56	3	A
1.2.2	94,44	3	AB
1.1.1	94,44	3	AB
1.1.2	94,18	3	ABC
1.3.2	93,12	3	ABC
2.2.1	92,86	3	ABCD
1.2.1	92,06	3	ABCD
1.2.3	90,74	3	ABCD
2.1.1	89,68	3	ABCD
2.1.2	86,77	3	BCD
2.2.5	85,45	3	CD
<b>Testigo</b>	<b>84,13</b>	<b>3</b>	<b>D</b>
1.3.1	25,66	3	E
2.3.2	9,52	3	F
1.1.3	8,99	3	FG
1.3.3	6,61	3	FGH
1.3.4	2,38	3	FGH
1.3.5	1,85	3	FGH
2.1.5	0,53	3	GH
1.1.4	0,26	3	GH
2.3.1	0,26	3	GH
1.1.5	0	3	H
2.1.4	0	3	H
2.1.3	0	3	H
2.3.5	0	3	H
2.3.3	0	3	H
2.3.4	0	3	H

Anexo No. 7. Datos obtenidos control final (30 días dpi).

Tratamientos Pre-germinativos				
Fecha	17/07/2016			
Tratamientos	Repetición			Promedio
	1	2	3	
Testigo	83%	87%	83%	84%
1.1.1	94%	98%	92%	94%
1.1.2	94%	96%	92%	93%
1.1.3	9%	6%	12%	9%
1.1.4	0%	1%	0%	0%
1.1.5	0%	0%	0%	0%
1.2.1	90%	97%	89%	92%
1.2.2	93%	98%	92%	93%
1.2.3	85%	95%	92%	91%
1.2.4	98%	98%	98%	97%
1.2.5	96%	98%	98%	95%
1.3.1	27%	20%	30%	26%
1.3.2	87%	99%	94%	93%
1.3.3	6%	7%	6%	7%
1.3.4	2%	2%	2%	2%
1.3.5	1%	0%	5%	2%
2.1.1	89%	89%	91%	89%
2.1.2	84%	84%	92%	86%
2.1.3	0%	0%	0%	0%
2.1.4	0%	0%	0%	0%
2.1.5	0%	2%	0%	1%
2.2.1	88%	94%	96%	92%
2.2.2	94%	100%	98%	97%
2.2.3	97%	96%	97%	97%
2.2.4	99%	94%	97%	97%
2.2.5	83%	92%	82%	84%
2.3.1	1%	0%	0%	0%
2.3.2	8%	11%	10%	7%
2.3.3	0%	0%	0%	0%
2.3.4	0%	0%	0%	0%
2.3.5	0%	0%	0%	0%