

U N I V E R S I D A D D E C O N C E P C I Ó N

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Departamento Silvicultura

MORTALIDAD Y AGENTES ASOCIADOS A CAÍDA DE PLÁNTULAS DE  
Eucalyptus globulus Labill. Y Pinus radiata D. Don EN  
DIFERENTES ÉPOCAS DE SIEMBRA Y SUELOS.

The logo of the University of Concepción is a shield-shaped emblem. It features a central figure, possibly a religious or historical figure, surrounded by a wreath. The shield is set against a background of stars and stripes, reminiscent of a national flag. The word 'Por' is printed in a serif font directly below the shield.

Por

VERÓNICA CECILIA SANDOVAL ROMERO

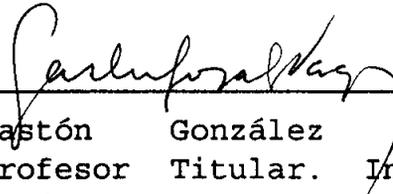
MEMORIA DE TÍTULO PRESENTADA  
A LA FACULTAD DE CIENCIAS  
FORESTALES DE LA UNIVERSIDAD  
DE CONCEPCIÓN PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL.

CONCEPCIÓN - CHILE

1995

MORTALIDAD Y AGENTES ASOCIADOS A CAIDA DE PLANTULAS DE  
Eucalyptus globulus Labill. Y Pinus radiata D.Don EN  
DIFERENTES EPOCAS DE SIEMBRA Y SUELOS.

Profesor Asesor

  
Gastón González Vargas.  
Profesor Titular. Ingeniero  
Agrónomo, M. Sc.

Director Depto.  
Silvicultura

  
Dr. Miguel Espinosa Bancalari.  
Profesor Asociado. Ingeniero  
Forestal, Ph. D.

Decano Facultad de  
Ciencias Forestales

  
Dr. Jaime Millán Herrera.  
Profesor Titular. Ingeniero  
Forestal.

*Por mi Padre...*

*y para mi Hija.*



## INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA
I. INTRODUCCION . . . . .	1
II. METODOLOGIA . . . . .	5
2.1 Generalidades . . . . .	5
2.2 Factores y diseño experimental . . . . .	5
2.2.1 Epoca de siembra . . . . .	6
2.1.2 Especie forestal . . . . .	6
2.2.3 Suelo . . . . .	7
2.3 Manejo del ensayo . . . . .	8
2.4 Variables controladas . . . . .	9
2.5 Variables estimadas . . . . .	10
2.6 Análisis de la información recolectada . . . . .	11
III. RESULTADOS . . . . .	14
3.1 Agentes identificados . . . . .	14
3.2 Incidencia de la enfermedad . . . . .	14
3.2.1 Efecto de los factores estudiados sobre la incidencia . . . . .	16
3.3 Efecto de los factores estudiados sobre la participación de cada agente en la mortalidad . . . . .	18

**CAPITULO**

**PAGINA**

3.4	Determinación de la composición fungosa . . . . .	22
3.5	Caracterización de las épocas de siembra . . . . .	29
IV.	DISCUSION . . . . .	32
V.	CONCLUSIONES . . . . .	39
VI.	RESUMEN . . . . .	41
	SUMMARY . . . . .	42
VII.	BIBLIOGRAFIA . . . . .	43
VIII	APENDICE . . . . .	47
IX.	ANEXO . . . . .	54



## INDICE DE TABLAS

TABLA N°		PAGINA
<u>En el texto</u>		
1	Epocas de siembra en el ensayo. . . . .	6
2	Incidencia promedio en Caída de post-emergencia para la combinación suelo-especie por época de siembra. . . . .	17
3	Participación promedio (%) de <u>Rhizoctonia solani</u> en Caída de post-emergencia para la combinación suelo-especie por época de siembra.	20
4	Proporción de plantas muertas con <u>Cylindrocarpon</u> sp. en Caída de post-emergencia, por época de siembra y tipo de suelo. . . . .	21
5	Proporción de plantas muertas con <u>Macrophomina phaseolina</u> en Caída de post-emergencia por época y suelo, época y especie, y especie y suelo. . . . .	22
6	Contenido de humedad y temperaturas promedio del suelo, a 2.5 cm de profundidad, por época de siembra y tipo de suelo. . . . .	30

**TABLA N°****PAGINA**En el apéndice

1 A Análisis de varianza para la emergencia. . .	49
2 A Incidencia (%) de Caída de pre-emergencia por tipo de suelo y época de siembra para <u>E. globulus</u> y <u>P. radiata</u> . . . . .	53

En el anexo

1 B Antecedentes climáticos temporada Octubre 1993 -Enero 1994 . . . . .	54
2 B Calidad de las semillas utilizadas en el ensayo por especie . . . . .	54
3 B Análisis químico-físico por tipo de suelo utilizado en el ensayo . . . . .	55
4 B Prueba de Bartlett para homogeneidad de varianza en las variables estimadas: incidencia de la enfermedad (IE) y participación de cada agente en la mortalidad (Pi) . . . . .	56
5 B Incidencia de Caída de post-emergencia por tratamiento . . . . .	56
6 B Análisis de varianza para la incidencia en Caída de post-emergencia . . . . .	57
7 B Análisis de varianza para la participación de cada agente en Caída de post-emergencia. . .	57

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	PAGINA
<u>En el texto</u>	
1	Curvas de mortalidad acumulada sobre el total de plantas emergidas para <u>P. radiata</u> y <u>E. globulus</u> en tres tipos de suelo en diferentes épocas de siembra . . . . . 15
2	Composición fungosa asociada a Caída de post-emergencia de <u>P. radiata</u> en el suelo del vivero de la Universidad de Concepción (suelo U), por época de siembra . . . . . 23
3	Composición fungosa asociada a Caída de post-emergencia de <u>P. radiata</u> en el suelo del vivero Los Quillayes (suelo Q), por época de siembra . . . . . 24
4	Composición fungosa asociada a Caída de post-emergencia de <u>P. radiata</u> en el suelo del vivero San Isidro (suelo I), por época de siembra . . . . . 25
5	Composición fungosa asociada a Caída de post-emergencia de <u>E. globulus</u> en el suelo del vivero de la Universidad de Concepción (suelo U), por época de siembra . . . . . 26

FIGURA N°	PAGINA
6 Composición fungosa asociada a Caída de post-emergencia de <u>E. globulus</u> en el suelo del vivero Los Quillayes (suelo Q), por época de siembra . . . . .	27
7 Composición fungosa asociada a Caída de post-emergencia de <u>E. globulus</u> en el suelo del vivero San Isidro (suelo I), por época de siembra . . . . .	28

En el apéndice

1 A Curvas de emergencia acumulada para <u>P. radiata</u> Y <u>E. globulus</u> en tres tipos de suelo en diferentes épocas de siembra . . . . .	48
2 A Velocidad de emergencia por época de siembra por tipo de suelo para <u>P. radiata</u> y <u>E. globulus</u> . . . . .	51

## I. INTRODUCCION

Caída de plantas, o Damping off, es una enfermedad frecuente en la producción de plantas en viveros forestales, tanto en Chile (González, 1993) como en el mundo (Peace, 1922). Afecta a diversos huéspedes en sus primeros estadios, generalmente desde que inician el proceso de germinación en la etapa de pre-emergencia, hasta la etapa de post-emergencia, cuando la planta ha iniciado el crecimiento secundario. De acuerdo a lo anterior se clasifica en Damping-off de pre y post-emergencia (Boyce, 1948).

El daño provocado por la enfermedad corresponde a pudrición o desecamiento de los tejidos suculentos y muerte de las plántulas. Durante el período de post-emergencia se produce la colonización fungosa de raíces, raicillas y base del tallo, la que se necrosa, no pudiendo soportar el peso de la parte aérea, provocando así la "caída" de la planta. Esto corresponde al síntoma observado en terreno, útil para el diagnóstico de la enfermedad (Peace, 1922; Peterson y Smith, 1975; González, 1993).

La enfermedad es causada por un complejo de hongos de participación variable, que pueden actuar en forma

independiente o conjunta (Pieczarka y Abawi, 1978). Los hongos asociados son habitantes del suelo y se encuentran inactivos en ausencia del huésped (Peterson y Smith, 1975).

Los géneros y especies de hongos más frecuentemente observados en Chile son *Pythium*, *Phytophthora*, *Fusarium*, *Cylindrocarpon* sp., *Rhizoctonia solani*, y específicamente en la provincia de Ñuble como agentes de Caída, *Cylindrocladium* y *Macrophomina phaseolina* (González y Sanfuentes, 1992).

La susceptibilidad de las diversas especies afectadas por Caída es variable (González, 1993). En vivero los huéspedes se encuentran suculentos o vulnerables al ataque de los patógenos. La radícula del huésped al crecer exuda sustancias nutritivas que estimulan la germinación de las esporas del agente (Peterson y Smith, 1975). Los hongos penetran la planta de manera directa a través de la epidermis intacta, infectándola de manera intra e intercelular (González, 1993). Una vez que la planta infectada muere, el agente se multiplica y aparecen estructuras reproductivas que, en condiciones naturales, aumentan el inóculo año tras año (Peterson y Smith, 1975).

La enfermedad se desarrolla al interactuar huésped y agente en condiciones ambientales favorables para la infección

(Jeffers y Roberts, 1993). El medio, como componente de la enfermedad, permite explicar la ocurrencia de algún problema, asociada a condiciones reconocibles de factores de clima y suelo, permitiendo así desarrollar sistemas de pronóstico y de control (González, 1993).

Los factores ambientales que más influyen en la ocurrencia y severidad de Caída son humedad y temperatura (Peace, 1922; González, 1993). Otros factores que favorecen la enfermedad son: alta profundidad (González, 1993) y densidad de siembra (Sharma y Mohanan, 1992), contenido de materia orgánica en el suelo (Peace, 1922; Lumsden et al., 1976), pH sobre 5.5 (Peace, 1922; Peterson y Smith, 1975; Lumsden et al., 1976), exceso de fertilización nitrogenada (Lumsden et al., 1976; Workneh et al., 1993).

Cada especie de agente asociado a la enfermedad tiene una temperatura óptima para su crecimiento y reproducción (Carling y Leiner, 1990; González, 1993; Smiley y Uddin, 1993). Para todos los agentes asociados, excepto Macrophomina phaseolina, el exceso de humedad contribuye al incremento de la enfermedad (Peace, 1922; Hancock y Grimes, 1990; González, 1993). Debido a la variación de la humedad y la temperatura durante el año, es posible manejar la incidencia de la enfermedad de Caída eligiendo la época de

siembra (Peace, 1922; González, 1993; Jeffers y Roberts, 1993). Como Caída es consecuencia del ataque de diferentes agentes fungosos, podría ocurrir que para determinadas condiciones ambientales existiera mayor probabilidad de ataque de un género o especie en particular.

Esta memoria de título fue desarrollada para observar si, para diferentes huéspedes y suelo, existía un patrón en la participación o en la secuencia de ataque de los agentes causales de la enfermedad a través del tiempo al variar épocas de siembra, bajo condiciones ambientales imperantes en terreno.

En el trabajo se evalúa la mortalidad causada por Caída de plantas en el período de post-emergencia, determinando si la incidencia y la participación de los diferentes agentes de daño está condicionada por la época de siembra, considerando suelos de diferentes viveros, para Pinus radiata D. Don y Eucalyptus globulus Labill. Además, se determina la composición fungosa y se caracterizan las épocas de siembra en función de la temperatura y humedad del suelo.

## **II. METODOLOGIA**

### **2.1 Generalidades**

Para establecer si la época de siembra determina la participación de los agentes en la composición fungosa asociada a Caída, y evaluar el efecto del suelo y de la especie del huésped, se estableció un ensayo en el vivero experimental de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción, ubicado en la ciudad de Chillán. En él se realizaron observaciones diarias de humedad y temperatura del suelo, y conteo y recuperación de plantas muertas, para posteriormente, en laboratorio, identificar el agente de daño.

El ensayo se efectuó entre el 15 de octubre de 1993 y el 4 de febrero de 1994. Los antecedentes climáticos de la temporada se entregan en anexo (Tabla 1 B).

### **2.2 Factores y diseño experimental**

Los factores considerados en el ensayo fueron época de siembra (4 niveles), especie forestal (2 niveles) y procedencia de suelo (3 niveles). Se utilizó un diseño

Completamente Aleatorio con arreglo factorial y tres repeticiones, originando 24 tratamientos y 72 unidades experimentales. La unidad experimental consistió en un cajón de madera de 20 cm \* 25 cm \* 50 cm forrado interiormente con plástico perforado.

**2.2.1 Epoca de siembra.** Para cada una de las cuatro épocas de siembra, traslapadas en el tiempo, hubo un período de observación de 45 días a contar del día siguiente de la siembra (Tabla 1).

TABLA 1. EPOCAS DE SIEMBRA EN EL ENSAYO

Epoca	Fecha de siembra
1	Octubre 15
2	Noviembre 07
3	Noviembre 24
4	Diciembre 21

**2.1.2 Especie forestal** En el ensayo se utilizó P. radiata y E. globulus. Las semillas empleadas provenían del Centro de Semillas de la Corporación Nacional Forestal, ubicado en Chillán (colectadas en Coelemu), y del Laboratorio de Semillas del Departamento Silvicultura de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción (colectadas en El Carmen), respectivamente.

La calidad de las semillas empleadas fue evaluada en el laboratorio mencionado anteriormente, utilizando las prescripciones descritas por I.S.T.A.. Los resultados se entregan en Tabla 2 B del anexo.

El número de semillas sembrado por unidad experimental fue de 240 para ambas especies; el número de hileras en la unidad experimental fue 6 para P. radiata y 4 para E. globulus. No hubo calibración de semillas; efectuándose un pretratamiento de remojo por 48 h en agua fría y posterior secado al aire. Las semillas utilizadas en la segunda y cuarta época de siembra, además, fueron conservadas en refrigeración durante dos y un día respectivamente, por atraso en la fecha de siembra prevista debido a lluvias.

**2.2.3 Suelo** Las muestras de los tres tipos de suelo utilizados en el ensayo (vivero Universidad de Concepción-Chillán: suelo U; vivero Los Quillayes-Quillón: suelo Q; vivero San Isidro-Larqui Oriente: suelo I), fueron extraídas de los primeros 20 cm de suelo arado en cada vivero, antes de la aplicación de los fungicidas comúnmente utilizados en la etapa de presiembra. Las muestras de suelo fueron tamizadas y saturadas con agua antes de la siembra.

Las características químicas y físicas de cada suelo fueron determinadas en el laboratorio del Departamento de Suelos de la Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción, y se presentan en Tabla 3 B del anexo.

### 2.3 Manejo del ensayo

La vulnerabilidad del huésped frente al ataque del complejo de hongos causantes de Caída, se aumentó por las condiciones de manejo utilizadas. Siembra a alta densidad y riego frecuente hasta la saturación facilitaron la infección y mantuvieron el suelo friable, para obtener así muestras afectadas con la enfermedad.

La densidad de siembra fue de 80 semillas por metro lineal, con 4 cm entre hileras para P. radiata y 120 semillas por metro lineal con 6 cm entre hileras para E. globulus.

El esquema de riego empleado consistió en mantener la humedad sobre el 50 % de la humedad aprovechable durante todo el período de observación. Para ello, el contenido de humedad del suelo se determinó a través de un método indirecto, utilizando un medidor eléctrico de humedad y temperatura del suelo (SOILTEST® modelo MC-302).

La frecuencia de riego mínima fue dos riegos por semana en período seco (de Diciembre a Marzo), equivalente a la empleada en el vivero experimental donde se ubicaba el estudio. El riego adicional, fue efectuado cada vez que la humedad del suelo bajaba de 50 % de la humedad aprovechable.

#### **2.4 Variables controladas**

Durante los 112 días que duró el ensayo se efectuó un seguimiento diario, controlando las variables que caracterizan la época de siembra, temperatura y humedad del suelo, y las que permiten determinar la incidencia de la enfermedad en cada tratamiento, mortalidad y emergencia diaria. La humedad del suelo fue estimada en forma indirecta utilizando un ohmímetro, que registra la resistencia del suelo al intercambio catiónico, el que, junto a un termómetro, estaba incluido en el medidor eléctrico de humedad y temperatura. Sus sensores se ubicaron a 2.5 cm de profundidad en el centro de una unidad experimental, elegida al azar, que contenía un tipo de suelo por cada época de siembra. El control fue efectuado diariamente a las 9:00, 15:00 y 18:00 h a partir del día siguiente a la siembra, para permitir que los sensores utilizados adquirieran la misma humedad del sustrato.

Las plantas emergidas que presentaban los síntomas de la enfermedad, es decir pudrición del cuello y caída, fueron retiradas enteras desde el suelo con un bisturí, colocadas en una placa Petri y trasladadas al Centro de Diagnóstico del Departamento Silvicultura de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción, donde se determinó los géneros de hongos patógenos presentes en cada planta. Para favorecer la formación de estructuras reproductivas que permiten la identificación de los hongos, se obtuvo cultivos en agua destilada. Las plantas y hongos asociados se mantuvieron individualizados por unidad experimental y día de observación.

## 2.5 Variables estimadas

Para cada tratamiento se obtuvo la incidencia de la enfermedad (IE %), la participación de cada agente en la mortalidad (Pi %) y el coeficiente de velocidad (CVE %) (Kotowski, 1927; citado por Leach, 1947). Las variables se estimaron de las siguientes formas:

$$IE = (MT/ET) * 100$$

$$Pi = (MTi/MT) * 100$$

$$CVE = (ET / \sum (IED * DDS)) * 100$$

donde:

- IE = Incidencia de la enfermedad por tratamiento, %.
- Pi = Participación de cada agente en la mortalidad por tratamiento, %.
- CVE = Coeficiente de velocidad por tratamiento, %.
- MT = Mortalidad total.
- ET = Emergencia total.
- MTi = Mortalidad total con agente i.
- IED = Incremento en emergencia diario.
- DDS = Días desde la siembra.

## **2.6 Análisis de la información recolectada**

Se realizaron pruebas de Bartlett para verificar la homocedasticidad de las varianzas para las variables incidencia de la enfermedad sobre el total emergido por tratamiento (IE %) y participación de cada agente en la mortalidad (Pi %), llevándose a cabo las transformaciones necesarias para que los análisis efectuados en el estudio fuesen válidos. Las transformaciones empleadas se entregan en el anexo (Tabla 4 B).

Para determinar los efectos de la época de siembra y del suelo sobre las variables IE y Pi para P. radiata y E. globulus, se efectuaron análisis de

varianza de acuerdo al diseño experimental utilizado. Dada la interacción de los tres factores en estudio, se comparó los promedios de la variable dependiente para la combinación más práctica de dos factores respecto del tercero. Al presentarse sólo la interacción entre dos factores, la comparación fue entre los niveles de uno respecto de los niveles del otro. En caso de no existir interacciones, los factores se analizaron por separado. Para las comparaciones se empleó test de Tukey con un 95 % de confiabilidad.

Para observar la composición fungosa asociada a Caída de post-emergencia en diferentes épocas de siembra tanto para P. radiata como para E. globulus en los diferentes suelos considerados, se graficaron las variables  $P_i$  (%).

Para caracterizar la época de siembra se utilizaron los valores mínimos, medios y máximos de temperatura y humedad diaria del suelo, determinados a 2.5 cm de profundidad. Para estimar la humedad se calibró el medidor utilizado, buscando alguna relación entre el contenido de humedad determinado directamente con el método gravitacional para cada suelo, y la resistencia al intercambio catiónico ejercida por el suelo,

registrada por el medidor eléctrico de humedad y temperatura del suelo. La determinación gravimétrica determina el porcentaje de humedad por diferencia de pesadas antes y después de colocar las muestras de suelo al horno a 105 °C por 24 h. Para el estudio se obtuvo el porcentaje de humedad en base al peso seco.

Como información complementaria, se obtuvo las curvas de emergencia acumulada (Fig. 1 A) y la velocidad de emergencia para cada especie por suelo y época (Fig. 2 A), además del análisis de varianza para el número de plantas emergidas por tratamiento (Tabla 1 A).



### III. RESULTADOS

#### 3.1 Agentes identificados

Los patógenos asociados a Caída de plantas de post-emergencia, identificados en el estudio, corresponden a los géneros y especies: *Pythium*, *Fusarium*, *Cylindrocarpon* sp., *Rhizoctonia solani*, y *Macrophomina phaseolina*.

#### 3.2 Incidencia de la enfermedad

En las curvas de mortalidad acumulada, que resultan de graficar el porcentaje de plantas muertas acumulado diariamente sobre el total de plantas emergidas por tratamiento (Fig. 1), es posible observar la proporción de individuos afectados por la enfermedad o incidencia de la enfermedad, correspondiente a la variable IE (%) en el estudio. Esta fluctúa entre 3.25 y 77.63 % del total de plantas emergidas por tratamiento (Tabla 5 B), comportándose en forma irregular entre épocas de siembra.

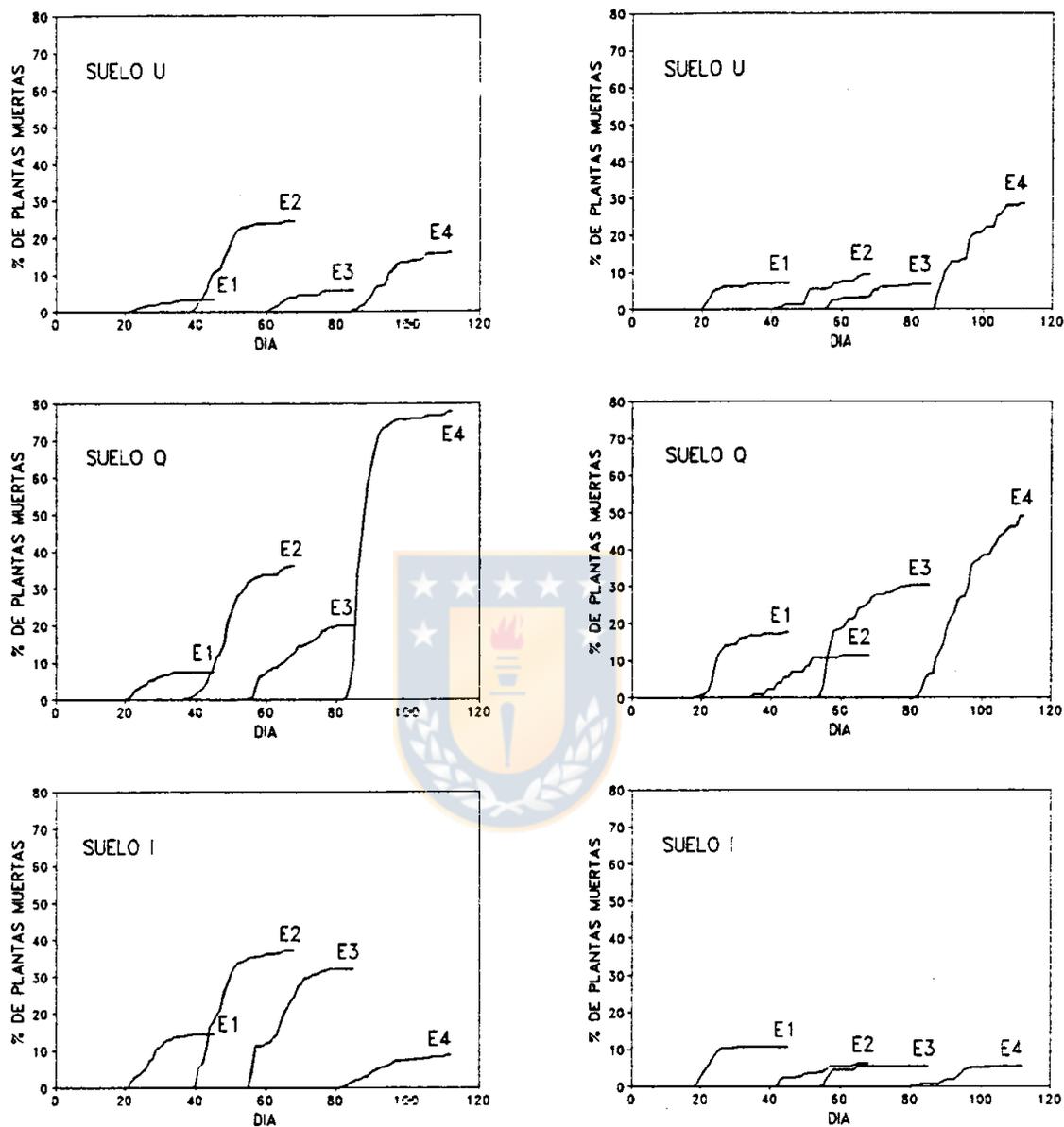
Pinus radiataEucalyptus globulus

Figura 1. Curvas de mortalidad acumulada sobre el total de plantas emergidas para P. radiata y E. globulus en tres tipos de suelo en diferentes épocas de siembra (1,2,3,4).

**3.2.1 Efecto de los factores estudiados sobre la incidencia.** El análisis de varianza (Tabla 6 B) para la variable incidencia de Caída sobre el total de plantas emergidas (IE %), para cuatro épocas de siembra de Pinus radiata y Eucalyptus globulus en tres tipos de suelos, mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos, así como en todas las interacciones de los factores estudiados.

La interacción altamente significativa entre época de siembra, suelo y especie de huésped indica que los efectos de los factores son dependientes entre sí. Luego, aunque los efectos principales son altamente significativos, no es posible obtener conclusiones generales sobre el efecto separado de cada uno por la existencia de interacciones altamente significativas entre ellos (Tabla 6 B). Entre los factores estudiados, el único operativamente manejable en la producción de determinadas especies forestales, es la época de siembra. Por ello, el efecto de la época de siembra se analizó independientemente para cada combinación suelo-especie (Tabla 2). Para las comparaciones se empleó el test de Tukey con un 95 % de confiabilidad.

TABLA 2. INCIDENCIA PROMEDIO EN CAIDA DE POST-EMERGENCIA PARA LA COMBINACION SUELO-ESPECIE POR EPOCA DE SIEMBRA.

Combinación Suelo-Especie	Epoca de Siembra			
	1	2	3	4
U-P. <u>radiata</u>	3.26b	24.54a	5.80b	15.71ab
U-E. <u>globulus</u>	7.03b	9.15b	6.81b	26.47a
Q-P. <u>radiata</u>	7.49c	36.36b	19.95c	77.65a
Q-E. <u>globulus</u>	17.76bc	11.11c	29.85b	49.00a
I-P. <u>radiata</u>	14.37b	35.86a	31.93a	8.19b
I-E. <u>globulus</u>	11.11a	6.08a	5.32a	5.66a

U:suelo Universidad de Concepción; I:suelo San Isidro; Q:suelo Los Quillayes. Nota: dentro de una fila, valores con alguna letra en común no difieren significativamente;  $p \leq 95 \%$ .

. Suelo vivero Universidad de Concepción (U):

Este suelo combinado con la especie P. radiata presenta incidencia significativa en la segunda época de siembra (07/11), respecto de la primera (15/10) y tercera (24/12). Cuando E. globulus crece en él, la mortalidad es significativamente mayor en la cuarta época de siembra (21/12) (Tabla 2).

. Suelo vivero Los Quillayes (Q):

Este suelo, asociado a la especie P. radiata, presentó una mortalidad significativamente mayor en la cuarta época de siembra que en la primera, segunda y tercera épocas, y a su vez, en la segunda época de siembra mayor que en la primera

y tercera. Asociado a la especie Eucalyptus globulus, la mortalidad, también fue significativamente más alta en la última fecha de siembra que en la primera, segunda y tercera, observándose además que dicha variable fue significativamente mayor en la época tres que en la dos (Tabla 2).

. Suelo vivero San Isidro (I):

Asociado a P. radiata la mortalidad fue significativamente más alta en la segunda y tercera época que en la primera y cuarta. No se registraron diferencias significativas en la mortalidad dada por época de siembra para Eucalyptus globulus en el suelo I (Tabla 2).

**3.3 Efecto de los factores estudiados sobre la participación de cada agente en la mortalidad.** Los resultados de los análisis de varianza para las variables participación de cada agente en Caída de post-emergencia (Pi), muestran que tanto el porcentaje de Pythium (P1) como la proporción de Fusarium (P3), en la mortalidad por tratamiento, es independiente de la época de siembra, la especie del huésped y del suelo (Tabla 7 B).

En la participación de R. solani (P2) en la mortalidad, existe interacción entre época de siembra, suelo y especie huésped. Dada esta triple interacción de los factores y puesto que la época es el factor más interesante, en cuanto a su capacidad de ser manejado, es necesario analizar éstas para las distintas combinaciones suelo-especie. Luego, el porcentaje de plantas muertas afectadas con R. solani es significativamente mayor en alguna época de siembra para, por lo menos una combinación suelo-especie (Tabla 7 B).

La participación de Cylindrocarpon sp. (P4) como agente causal de Caída es significativamente diferente en las cuatro épocas de siembra, sin importar la especie del huésped y tampoco en que suelo se encuentre. La proporción de plantas muertas con Cylindrocarpon sp. también es significativamente diferente en a lo menos un tipo de suelo sin considerar los otros factores (Tabla 7 B).

La proporción de plantas muertas afectadas con M. phaseolina (P5) está dada por la interacción época-suelo, época-especie y suelo-especie (Tabla 7 B).

La participación porcentual de R. solani en cada época de siembra, para la combinación suelo-especie, sólo es significativamente mayor en la cuarta época para la combinación suelo U - Pinus radiata (Tabla 3).

TABLA 3. PARTICIPACION PROMEDIO (%) DE Rhizoctonia solani EN CAIDA DE POST-EMERGENCIA PARA LA COMBINACION SUELO-ESPECIE POR EPOCA DE SIEMBRA.

Suelo-Especie	Epoca de siembra			
	1	2	3	4
U- <u>P. radiata</u>	14.3b	11.7b	14.5b	79.7a
U- <u>E. globulus</u>	21.6a	10.0a	19.7a	30.9a
Q- <u>P. radiata</u>	31.1a	20.2a	16.4a	26.5a
Q- <u>E. globulus</u>	47.6a	25.4a	35.6a	52.5a
I- <u>P. radiata</u>	19.8a	14.4a	19.3a	16.0a
I- <u>E. globulus</u>	17.7a	4.2a	0.0a	23.6a

U: suelo vivero Universidad de Concepción; Q: suelo vivero Los Quillayes e I: suelo vivero San Isidro.  
 Nota: dentro de una fila, valores con alguna letra en común no difieren significativamente;  $p \leq 95 \%$ .

La proporción de plantas muertas con Cylindrocarpon sp. es significativamente mayor en la primera y segunda época de siembra que en el período correspondiente a la última época, sin considerar especie del huésped y procedencia del suelo.

En el suelo I hay mayor participación de Cylindrocarpon sp. en la mortalidad que en los suelos Q y U, sin importar el nivel de los otros factores considerados en el estudio (Tabla 4).

TABLA 4. PROPORCION DE PLANTAS MUERTAS CON Cylindrocarpon sp. EN CAIDA DE POST-EMERGENCIA, POR EPOCA DE SIEMBRA Y TIPO DE SUELO.

Epoca				Suelo		
1	2	3	4	U	Q	I
14.9a	13.8a	7.1ab	0.7b	6.34b	5.16b	15.88a

La proporción de plantas muertas con M. phaseolina presente es significativamente mayor en la tercera época de siembra para el suelo U. También es significativamente mayor en la tercera época de siembra en la especie E. globulus. Y por último, es mayor en E. globulus que en P. radiata en los suelos U y Q (Tabla 5).

TABLA 5. PROPORCION DE PLANTAS MUERTAS CON Macrophomina phaseolina EN CAIDA DE POST-EMERGENCIA POR EPOCA Y SUELO, EPOCA Y ESPECIE, Y ESPECIE Y SUELO.

	Epoca de siembra				Especie	
	1	2	3	4	Pi	Eu
<b>Suelo</b>						
U	0.00b	3.39b	23.82a	0.00b	0.85b	5.95a
Q	3.63a	0.00a	5.14a	8.27a	1.30b	8.88a
I	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a	0.00a
<b>Especie</b>						
Pi	0.00a	0.56a	1.05a	0.69a		
Eu	1.21b	0.00b	13.75a	4.83b		

U:suelo vivero Universidad de Concepción, Q:suelo vivero Los Quillayes; I:suelo vivero San Isidro. Nota:dentro de una fila, valores con alguna letra en común no difieren significativamente;  $p \leq 95 \%$ .

### 3.4 Determinación de la composición fungosa

La composición fungosa asociada a la enfermedad en el suelo U por época de siembra se observa en la Figura 2. Durante la primera época se presentan en P. radiata principalmente Pythium (62 %), R. solani (14 %), Fusarium (10 %), Cylindrocarpon sp. (5 %) y otros agentes (38 %). En la segunda época el porcentaje de Pythium en la composición fungosa fue de 88; y 12 y 13 % el de R. solani y Fusarium respectivamente, 3 % de Cylindrocarpon sp., 1 % de M. phaseolina y 9 % de otros agentes. En la tercera época se

presenta *Pythium* (87 %), *R. solani* (14 %), *Fusarium* (28 %), *Cylindrocarpon* sp. (5 %) y otros agentes (9 %); en la cuarta aparece *Pythium* (55 %), *R. solani* (80 %), *Fusarium* (6 %) y 4 % de otros agentes.

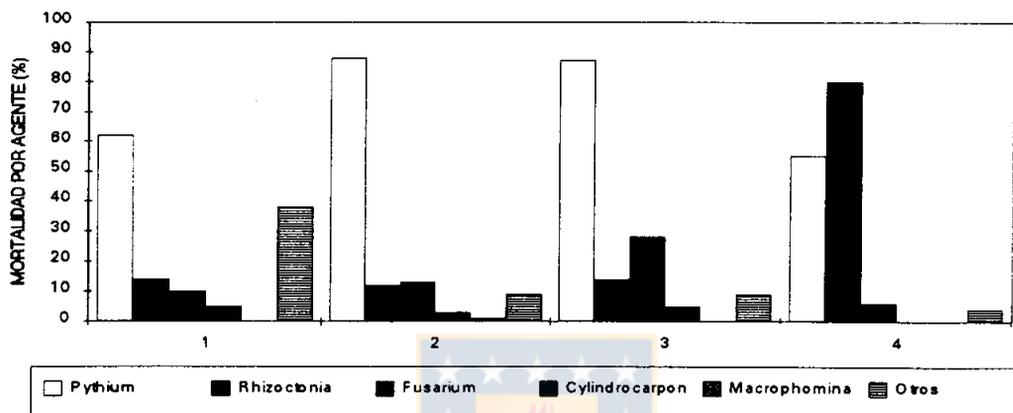


Figura 2. Composición fungosa asociada a Caída de post-emergencia de *P. radiata* en el suelo del vivero de la Universidad de Concepción (suelo U), por época de siembra (1, 2, 3, 4).

Los otros agentes causantes de mortalidad son principalmente las aves y alta temperatura. También existe pérdida durante el lavado, y se observó presencia de *Mucor* sp., *Phoma* sp., picnidios de especie indeterminada y un agente no identificado en la cuarta época de siembra.

La composición fungosa asociada a la enfermedad en el suelo Q para la especie *P. radiata*, por época de siembra, se observa en la Figura 3. Están presentes *Pythium*, *R.*

solani, Fusarium, Cylindrocarpon sp. y otros agentes en la primera y segunda época; Pythium, R. solani, Fusarium y otros en la tercera época; Pythium, R. solani, Fusarium, M. phaseolina y otros en la última.

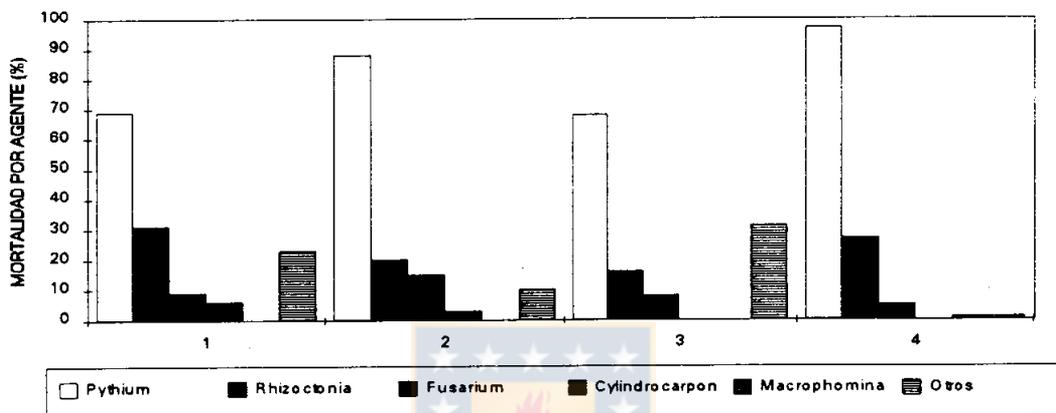


Figura 3. Composición fungosa asociada a Caída de post-emergencia de P. radiata en el suelo del vivero Los Quillayes (suelo Q), por época de siembra (1, 2, 3, 4).

En el suelo I la participación porcentual de cada agente en Caída de P. radiata, incluye todos los agentes en las cuatro épocas, excepto M. phaseolina y Fusarium. Este último sólo no aparece en la primera época (Figura 4).

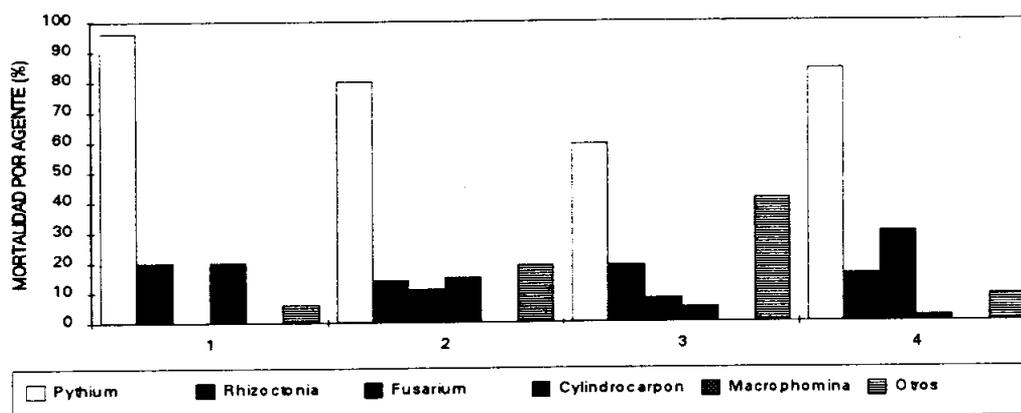


Figura 4. Composición fungosa asociada a Caída de post-emergencia de *P. radiata* en el suelo del vivero San Isidro (suelo I), por época de siembra (1, 2, 3, 4).

Para la especie *E. globulus* se observa que, en el suelo U, casi todos los agentes asociados a la enfermedad identificados en el estudio están presentes en todas las épocas de siembra, excepto *M. phaseolina* que sólo aparece durante la tercera época de siembra y *Cylindrocarpon* sp. que no está presente como patógeno en la época de siembra más tardía (Figura 5).

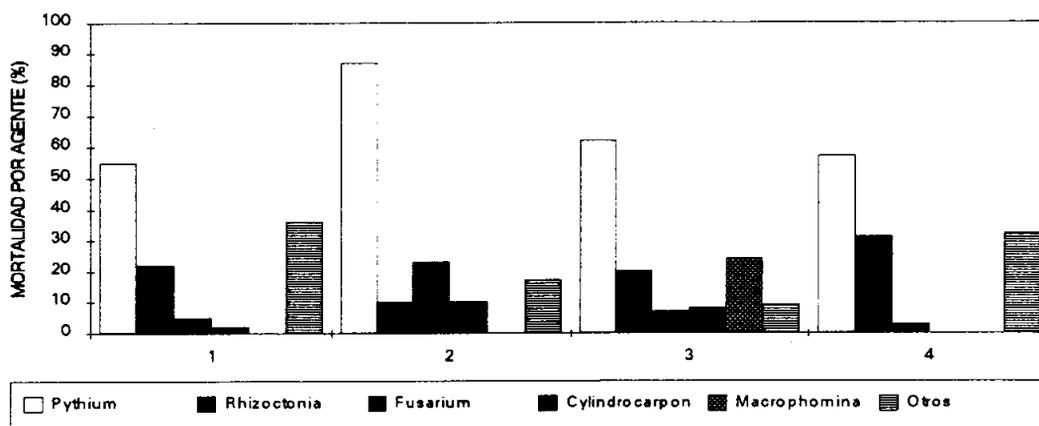


Figura 5. Composición fungosa asociada a Caída de post-emergencia de E. globulus en el suelo del vivero de la Universidad de Concepción (suelo U), por época de siembra (1, 2, 3, 4).

En el suelo Q y en la especie E. globulus la composición fungosa en la primera época de siembra, principalmente está dada en 48 % tanto de Pythium como de R. solani, 10 % Fusarium y 23 % de otros agentes; menos notoria es la participación de Cyndrocarpon sp. y M. phaseolina. La segunda época de siembra involucra 77 % de Pythium, 25 % de R. solani, 18 y 7 % de Fusarium y Cyndrocarpon sp. respectivamente y 10 % de otros. En la tercera y cuarta época participan principalmente en la enfermedad Pythium y R. solani, Fusarium, M. phaseolina y otros agentes en menor grado, al igual que la participación de Cyndrocarpon sp. en la tercera época de siembra (Figura 6).

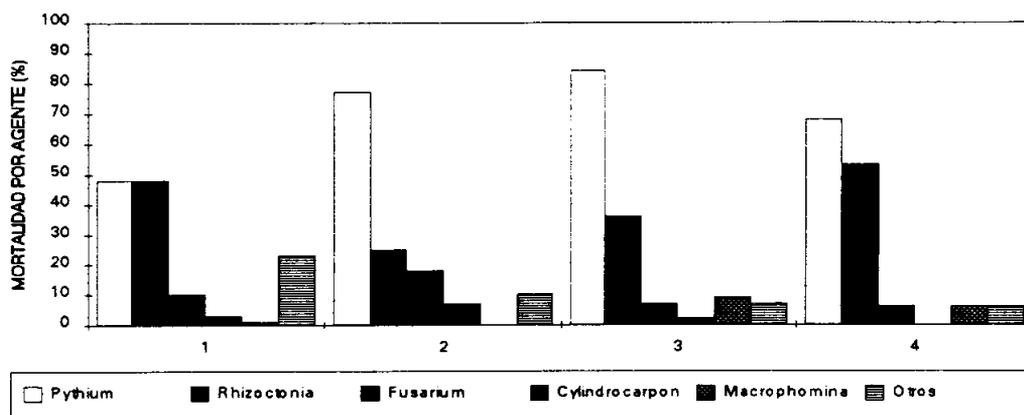


Figura 6. Composición fungosa asociada a Caída de post-emergencia de E. globulus en el suelo del vivero Los Quillayes (suelo Q), por época de siembra (1, 2, 3, 4).

En la asociación fungosa del suelo I para la especie E. globulus, participan Pythium, R. solani, Fusarium, Cylindrocarpon sp. y otros agentes en la primera y segunda época de siembra. En la tercera época de siembra se presentan Pythium, Fusarium, Cylindrocarpon sp. y otros agentes. En la cuarta época de siembra participan sólo Pythium, R. solani y Fusarium (Figura 7).

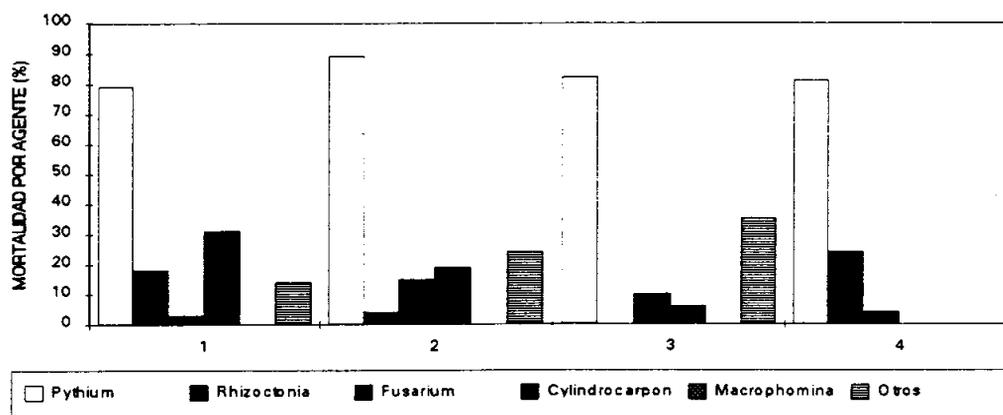


Figura 7. Composición fungosa asociada a Caída de post-emergencia de *E. globulus* en el suelo del vivero San Isidro (suelo I), por época de siembra (1,2,3,4).

En la composición fungosa determinada en los diferentes tratamientos (Fig.2;3;4;5;6;7), *Pythium* siempre está presente en al menos la mitad de las plantas muertas en todos los tratamientos, comportándose como el agente más frecuente en el estudio. *Rhizoctonia solani* participa en casi todos los tratamientos con un máximo de 55 % de las plantas muertas, exceptuando *P. radiata* en el suelo U, donde participa en un 80 % de la mortalidad. *M. phaseolina* participa entre 1 y 24 % del total de plantas muertas por tratamiento y su ocurrencia se limita a sólo 6 de los 24 casos posibles. La presencia de *Cylindrocarpon* sp. fluctúa entre 2 y 30 % de la mortalidad por tratamiento y por último, *Fusarium* participa casi en todos los tratamientos en porcentajes no mayores a 30 % de las plantas muertas.

### 3.5 Caracterización de las épocas de siembra

Para caracterizar las épocas de siembra y controlar el esquema de riego propuesto, se efectuó la calibración del medidor eléctrico de humedad y temperatura utilizado. Las relaciones encontradas entre la resistencia del suelo al intercambio catiónico y el contenido de humedad del suelo, determinado gravimetricamente, se presentan a continuación:

$$\lg(y) = 1.39516799 - 0.13996205 * \lg(x); r = -0.90053261, \text{ suelo U.}$$

$$\lg(y) = 1.160820312 - 0.48040821 * \lg(x); r = -0.9423926, \text{ suelo Q.}$$

$$\lg(y) = 1.689312383 - 0.11291895 * \lg(x); r = -0.96629628, \text{ suelo I.}$$

donde:  $y$  = Contenido de humedad del suelo en base al suelo seco (%).

$x$  = Resistencia del suelo al intercambio catiónico, expresado en ohms.

A partir de las relaciones determinadas en la calibración para cada suelo y de los datos recolectados diariamente, con los sensores del medidor de temperatura y humedad del suelo empleado, se realizó la caracterización de cada época de siembra utilizando los promedios de las mínimas, máximas y medias diarias de temperatura y contenido de humedad del suelo, a 2.5 cm de profundidad (Tabla 6).

TABLA 6. CONTENIDO DE HUMEDAD Y TEMPERATURAS PROMEDIO DEL SUELO, A 2.5 cm DE PROFUNDIDAD, POR EPOCA DE SIEMBRA Y TIPO DE SUELO.

Variables controladas								
	Temperatura (°C)				HUMEDAD* (%)			
	Mín	Med	Máx	Rango	Mín	Med	Máx	Rango
S E								
U 1	13.0	19.2	23.7	6.0-32	14.3	15.9	17.6	9.4-28.2
U 2	14.6	21.9	27.1	8.7-33	14.2	15.6	17.1	9.6-25.2
U 3	15.0	22.1	27.4	11.0-33	16.6	17.9	19.2	9.8-26.7
U 4	16.8	24.2	29.5	10.0-40	16.6	18.5	20.6	8.6-31.1
Q 1	12.7	19.6	24.6	5.0-33	6.1	6.6	7.0	4.2-11.2
Q 2	15.4	22.8	28.6	9.0-40	7.6	8.3	8.9	3.8-15.2
Q 3	16.7	24.8	31.2	10.1-41	6.5	7.2	8.0	1.2-16.1
Q 4	17.2	25.1	30.7	11.5-43	9.1	10.6	12.5	0.9-43.8
I 1	13.7	19.4	23.7	6.0-32	32.3	34.3	36.9	21.0-44.3
I 2	14.7	21.0	25.3	9.1-33	31.8	34.7	37.9	22.4-52.9
I 3	14.3	21.1	26.0	10.0-33	30.2	32.7	34.8	21.8-56.0
I 4	16.3	22.3	26.5	12.0-35	31.0	33.4	36.3	25.1-45.8

S:Suelo; E:Epoca; \*:Contenido de humedad en base al suelo seco.

El promedio de temperatura media sólo supera los dos grados de diferencia entre suelos en la tercera época de siembra y el de temperatura máxima en la segunda, tercera y cuarta épocas de siembra. Se registraron temperaturas extremas superiores a 40 °C en el suelo arenoso procedente de Quillón (suelo Q), y en el suelo franco arcilloso procedente de Chillán (suelo U); registrándose también en ellos las mayores temperaturas medias, superiores a 24 °C.

Los mayores promedios de humedad del suelo correspondieron a los registrados en el suelo I en todas las épocas de siembra y en las dos épocas tardías en los suelos Q y U (Tabla 6).

De acuerdo a la humedad promedio (Tabla 6), el esquema de riego propuesto, correspondiente a mantener la humedad sobre el 50 % de la humedad aprovechable de cada suelo (Tabla 3 B), que implicó mantener el contenido de humedad sobre 5.55 % en el suelo U, sobre 2.2 y 9.95 % en el suelo Q e I, respectivamente, se cumplió en la totalidad de los suelos estudiados. El esquema de riego utilizado mantuvo la humedad promedio del suelo sobre el 100 % de la humedad aprovechable, creando condiciones favorables para los patógenos y obtener muestras afectadas por la enfermedad.



#### IV. DISCUSION

En el estudio, la incidencia de la enfermedad en el período de post-emergencia, es consecuencia de la interacción de la época de siembra, el suelo y la especie del huésped considerada (Tabla 6 B). El medio, que resulta de las características físicas y químicas del suelo asociadas a factores ambientales como humedad y temperatura, y la especie del huésped, determinan el desarrollo y la incidencia de la enfermedad. Esto implica dependencia entre factores de medio y huésped. Newhook (1960) y Jeffers y Roberts (1993) señalan que los componentes de la enfermedad, medio, huésped y patógeno se interrelacionan determinando su desarrollo.

De acuerdo al enfoque práctico del estudio señalado en el capítulo Resultados, la incidencia de la enfermedad en las diferentes épocas de siembra dependerá de la combinación suelo-especie considerada (Tabla 2). Se observa que la incidencia de la enfermedad por tratamiento fluctúa en un amplio rango (Tabla 5 B), variando en las diferentes épocas de siembra, tanto entre especies para un mismo suelo como entre suelos para una misma especie y entre las diferentes combinaciones suelo-especie (Tabla 2).

Peace (1922) y González (1993) señalan que las fluctuantes condiciones del medio determinan la irregularidad de la incidencia de la enfermedad entre viveros, dentro de un mismo vivero y también año tras año. Es por tanto, recomendable considerar la información entregada en el estudio como preliminar y efectuar un seguimiento de ésta en el tiempo.

A pesar de fluctuar en un amplio rango en los diferentes tratamientos, la incidencia de la enfermedad en post-emergencia es significativa para las combinaciones suelo-especie en las tres últimas épocas de siembra del estudio (siembras tardías); es decir, mediados de primavera, fines de primavera y comienzos de verano respectivamente. Por su parte, Ramírez et al. (1994), trabajando con remolacha, sólo observó Caída de post-emergencia en siembras tardías y resiembras. La primera época de siembra, correspondiente a comienzos de primavera, y considerada la época más temprana de siembra en el estudio, no tuvo incidencia significativa en ninguno de los tratamientos.

Peace (1922) señala que la Caída tiende a desarrollarse más a fines de verano en siembras tardías que a comienzos de

verano en semillas sembradas temprano en la primavera o en otoño.

La importancia de la época de siembra, según González (1993), es que a través de ella se puede manejar en forma práctica la temperatura como control de Caída, eligiendo la época de siembra en la que se produzca menor incidencia, dependiendo de los hongos presentes en suelo.

Los patógenos identificados en el estudio corresponden a los comunes identificados en Chile para la enfermedad. Estos son *Pythium*, *Fusarium*, *Cylindrocarpon* sp., *Rhizoctonia solani* y por último, concordando con González y Sanfuentes (1992), se identificó *Macrophomina phaseolina* como agente de Caída en la provincia de Ñuble.

La participación de los patógenos en la mortalidad es consecuencia de la interacción de dos o más de los factores analizados (*M. phaseolina* y *R. solani*, respectivamente), de su efecto individual (*Cylindrocarpon* sp.) o de factores no evaluados en el estudio (*Pythium* y *Fusarium*) (Tabla 7 B).

La participación en la mortalidad del género *Pythium*, no varía en las diferentes épocas de siembra, y puede estar explicada por el esquema de riego que implicaba saturación

del suelo. Hancock y Grimes (1990), evaluando colonización de raicillas de Alfalfa por especies de *Pythium* en relación a la humedad del suelo en el Valle de California, señala que el suelo saturado o cercano a la saturación por agua, usualmente aumenta las enfermedades radiculares causadas por especies de *Pythium*. La saturación del suelo provee las condiciones necesarias para la producción y dispersión de las esporas de los patógenos que nadan libremente (Newhook, 1960; Rush y Vaughn, 1993). *Pythium* en su reproducción asexual presenta formación de zoosporas que requieren un ligero exceso de humedad para su dispersión (Nelson y Craft, 1991). La alta frecuencia de *Pythium* en la mortalidad de todos los tratamientos podría ser, además, resultado de su abundancia en el suelo (Buchholtz, 1938) y rápida infección (Lumsden et al., 1976).

Según Hancock y Grimes (1990) existen diferencias estacionales en la colonización radicular entre especies del género *Pythium*, encontrando que *Pythium irregulare* es más activo en invierno que a comienzos de primavera y que *Pythium ultimum* es más activo en verano. Por otra parte, los requerimientos de temperatura para el desarrollo del género fluctúan en un amplio rango. Leach (1947) determina que las mayores tasas de crecimiento y micelio más denso para *Pythium ultimum* se obtienen entre 25 y 30 °C; Peterson y

Smith (1975) mencionan el rango entre 27 y 30 °C como óptimo para el desarrollo del género; Buchholtz (1938) en cambio determinó un rango más amplio, de 15 a 30 °C trabajando con Pythium debaryanum en suelos ácidos, concluyendo que bajo 15 °C la especie es menos activa. Luego, si bien la participación del género Pythium en el estudio no varía en las diferentes épocas de siembra, no hay que descartar esta variación entre sus especies, lo que podría ser evaluado en estudios posteriores, lo anterior, dada la alta frecuencia del género registrada en el estudio.

Fusarium participa en la mortalidad de casi todos los tratamientos del estudio (Fig.2;3;4;5;6;7) y su frecuencia (menor que la de Pythium) no es explicada por los factores estudiados (Tabla 7 B). Este género podría ser patógeno secundario, es decir, asociado al ataque anterior de otro hongo más agresivo, en este caso Pythium. Jeffers y Roberts (1993), trabajando en plantaciones de algodón, encontraron efecto significativo de la época de plantación sobre la mayor pudrición radicular causada por Fusarium en plantaciones tempranas. Este fue indicado por el alto porcentaje de plantas muertas en épocas tempranas de plantación comparado con las épocas tardías.

R. solani, presente en casi todos los tratamientos, por sí sola no provoca alta incidencia, pero su participación está explicada por los mismos factores que explican mortalidad y emergencia (Tabla 6 B; Tabla 1 A). Luego, las condiciones de medio, de las diferentes épocas de siembra, permiten el crecimiento tanto del huésped como del agente en los suelos estudiados (Tabla 7 B). Smiley y Uddin (1993) y Carling y Leiner (1990) encontraron que R. solani causa pudrición más severa y es más virulenta en temperaturas frías. Para comprobar este acerto se recomienda que en estudios posteriores se amplíe el rango de temperaturas evaluado, considerando más épocas de siembra tempranas, probablemente a partir de fines de invierno a mediados de Agosto.

La participación significativa de M. phaseolina en la mortalidad está restringida a la especie E. globulus en la tercera época de siembra y en los suelos U y Q (Tabla 5). A este hecho podrían estar asociadas las temperaturas promedio (mayores a 29.5 °C) y extremas (mayores a 40 °C), registradas para el estudio en el suelo U y Q. Peterson y Smith (1975) mencionan que M. phaseolina está presente tanto en zonas templadas como en tropicales, pero generalmente asociada a alta temperatura. En Chile, su participación en la mortalidad se asocia a estrés hídrico y alta temperatura (González, 1993). Es notable la baja susceptibilidad de P.

radiata frente al ataque de M. phaseolina en Caída (Tabla 5), apareciendo como agente causal de pudrición radicular fuera del período de observación.

Para las condiciones del estudio, sólo la participación del género *Cylindrocarpon* en la mortalidad depende de la época de siembra sin importar el nivel de los otros factores.

La participación de los agentes causales de Caída, al carecer de comportamiento regular en el tiempo (Fig.2;3;4;5;6;7), impide establecer relaciones entre las diferentes épocas de siembra y la participación de los diferentes agentes. Lo anterior reafirma algunas referencias que señalan que los agentes causantes de Caída son de frecuencia variable (Peace, 1922; Pieczarka y Adawi, 1978) y descarta cualquier dependencia de su participación sólo con la época de siembra.

## V. CONCLUSIONES

La incidencia de la enfermedad varía en las diferentes épocas de siembra según la combinación suelo-especie del huésped considerada, de tal modo que, para cada una de ellas la mayor incidencia se produce en alguna de las tres últimas épocas de siembra del estudio.

Las especies de patógenos identificados en el estudio corresponden a miembros de los géneros *Pythium*, *Fusarium*, *Cylindrocarpon*, además, *Macrophomina phaseolina* y *Rhizoctonia solani*.

La participación de los géneros *Pythium* y *Fusarium* en la mortalidad es independiente de la época de siembra, del suelo y de la especie del huésped.

La participación de *Rhizoctonia solani* en la composición fungosa varía en las época de siembra, dependiendo de la combinación suelo-especie del huésped considerada.

La participación de *Macrophomina phaseolina* en la mortalidad depende de la interacción época-suelo, época-especie o suelo-especie considerada.

Macrophomina phaseolina acusa muy baja ocurrencia como agente de Damping-off.

El género *Pythium* es el más frecuente en la composición fungosa identificada en el estudio, siendo el único que aparece en todas las combinaciones estudiadas.

Las dos primeras épocas de siembra del estudio, favorecen la participación del género *Cylindrocarpon* en la mortalidad. Además, éste es más abundante en el suelo proveniente del vivero San Isidro.



## VI. RESUMEN

En un ensayo en cajones con arreglo factorial se estudió los efectos sobre la incidencia de Caída o Damping-off de post-emergencia, de cuatro épocas de siembra según especies (Pinus radiata D. Don y Eucalyptus globulus Labill.) sembradas en tres suelos de viveros diferentes.

La incidencia de la enfermedad, para cada combinación suelo y especie fue siempre menor en la primera época de siembra, y la mayor incidencia ocurrió en cualquiera de las tres épocas restantes, sin que pueda determinarse una relación entre mayor incidencia y avance en la estación del año.

Se determinó que la presencia de cada uno de los agentes causales (Pythium spp., Fusarium spp., Cylindrocarpon sp., Rhizoctonia solani y Macrophomina phaseolina) no obedece a un factor controlado común.

## SUMMARY

The present study reports the effects of sowing dates and soil type on the incidence of post-emergency damping-off in Pinus radiata D. Don and Eucalyptus globulus Labill.

The study was carried out in the field in wooden boxes with factorial arrangement. The results showed that the incidence of damping off for each combination of soil and species was lowest for the earliest sowing dates of the year. The highest incidence was observed in the remaining sowing dates. Furthermore, it was not possible to determine a direct relationship between high incidence and seasonal stage. However, the results allow to suggest that the presence of Pythium spp., Fusarium spp., Cylindrocarpon sp., Rhizoctonia solani and Macrophomina phaseolina is not controlled by a common pattern of factors.

## VII. BIBLIOGRAFIA

1. Buchholtz, W.F., 1938. Factors influencing the pathogenicity of Pythium debaryanum on sugar beet seedlings. *Phytopathology* 28:448-475.
2. Boyce, J.S., 1948. *Forest Pathology*. McGraw-Hill Book Company. 550 p.
3. Carling, D.E. y R.H. Leiner, 1990. Effect of temperature on virulence of Rhizoctonia solani and other Rhizoctonia on potato. *Phytopathology* 80:930-934.
4. Donoso, C., 1981. *Ecología Forestal; el bosque y su medio ambiente*. Santiago, Chile. pp. 32-100.
5. González, G. y E. Sanfuentes, 1992. Enfermedades del bosque. Boletín de extensión n° 57. Universidad de Concepción.
6. González, G., 1993. *Patología del género Eucalyptus en Chile*. Corporación Nacional Forestal. Centro Nacional de Capacitación Forestal Escuadrón-VIII Región.
7. Hancock, J.K. y D.W. Grimes, 1990. Colonization of rootlets of alfalfa by species of Pythium in relation to soil moisture. *Phytopathology* 80:1317-1322.

8. Jeffers, D.O. y P.A. Roberts, 1993. Effect of planting date and host genotype on the root-knot nematode-Fusarium wilt disease complex of cotton. *Phytopathology* 83:645-654.
9. Leach, L.D., 1947. Growth rates of host and pathogen as factors determining the severity of preemergence damping off. *Journal of Agricultural Research* 75:161-179.
10. Lumsden, R.D., W.A. Ayers, P.B. Adams, R.L. Dow, J.A. Lewis, G.C. Papavizas y J.G. Kantzes, 1976. Ecology and epidemiology of *Phytophthora* species in field soil. *Phytopathology* 66:1203-1209.
11. Nelson, E.B. y C.M. Craft, 1991. Identification and comparative pathogenicity of *Pythium* spp. from roots and crowns of turfgrasses exhibiting symptoms of root rot. *Phytopathology* 81:1529-1536.
12. Newhook, F.J., 1960. Some coments on relationship of climate to *Phytophthora* infection of *Pinus radiata*. Extracted from N.Z. *Journal of Agricultural Research*, vol. 2, pp. 808-43.
13. Peace, T.R., 1922. *Pathology of trees and Shrubs*. Oxford University Press, Londres. 753 p.

14. Peterson G.W. y R.S. Smith, 1975. Forest Nursery Diseases in the United Etates. Agriculture Handbook n° 470. 125p. Forest Service U.S. Department of Agriculture.
15. Pieczarka, D.J. y G.S. Abawi, 1978. Population and biology of Pythium species associated with snap bean roots and soils in New York. Phytopathology 68:409-416.
16. Ramírez, M.C., R. Raposo y E. Mateo-Sagasta, 1994. Ocurrence of Aphanomyces cochlioides damping off of sugarbeet in Spain. Plant Disease 78:102.
17. Rush, C.M. y K.M. Vaughn, 1993. Effect of irrigation, soil matric potential, and seed priming on sugar beet seed germination and damping-off caused by Aphanomyces cochlioides. Phytopathology 83:202-206.
18. Sharma, J.K. y C. Mohanan, 1992. Effect of some nursery practices on incidence and severity of diseases, and growth of Eucalyptus grandis seedlings. European Journal of Forest Pathology. 22:125-135.
19. Smiley, R.W. y W. Uddin, 1993. Influence of soil temperature on Rhizoctonia root rot (R. solani AG-8 and R. oryzae) of winter wheat. Phytopathology 83:777-785.

20. Workneh, F., A.H.C. van Bruggen, L.E. Drinkwater y C. Shennan, 1993. Variables asociated with corky root and Phytophthora root rot of tomatoes in organic and conventional farms. *Phytopathology* 83:581-589.



## VIII. APENDICE

La información recolectada permitió generar curvas de emergencia acumulada por especie (Fig. 1 A). En éstas se observa que i) tiende a disminuir en el tiempo para los tratamientos con P. radiata; ii) disminuye en la segunda y cuarta época para todos los tratamientos en E. globulus; y iii) el número de plantas emergidas es mayor en P. radiata.

La baja emergencia alcanzada en la época 2 y 4 en E. globulus, probablemente está asociada al pretratamiento, que por atraso eventual de la siembra incluyó refrigeración de las semillas por dos días. En la cuarta época, además, puede estar relacionado con el rango óptimo de temperatura de germinación y emergencia para cada especie.

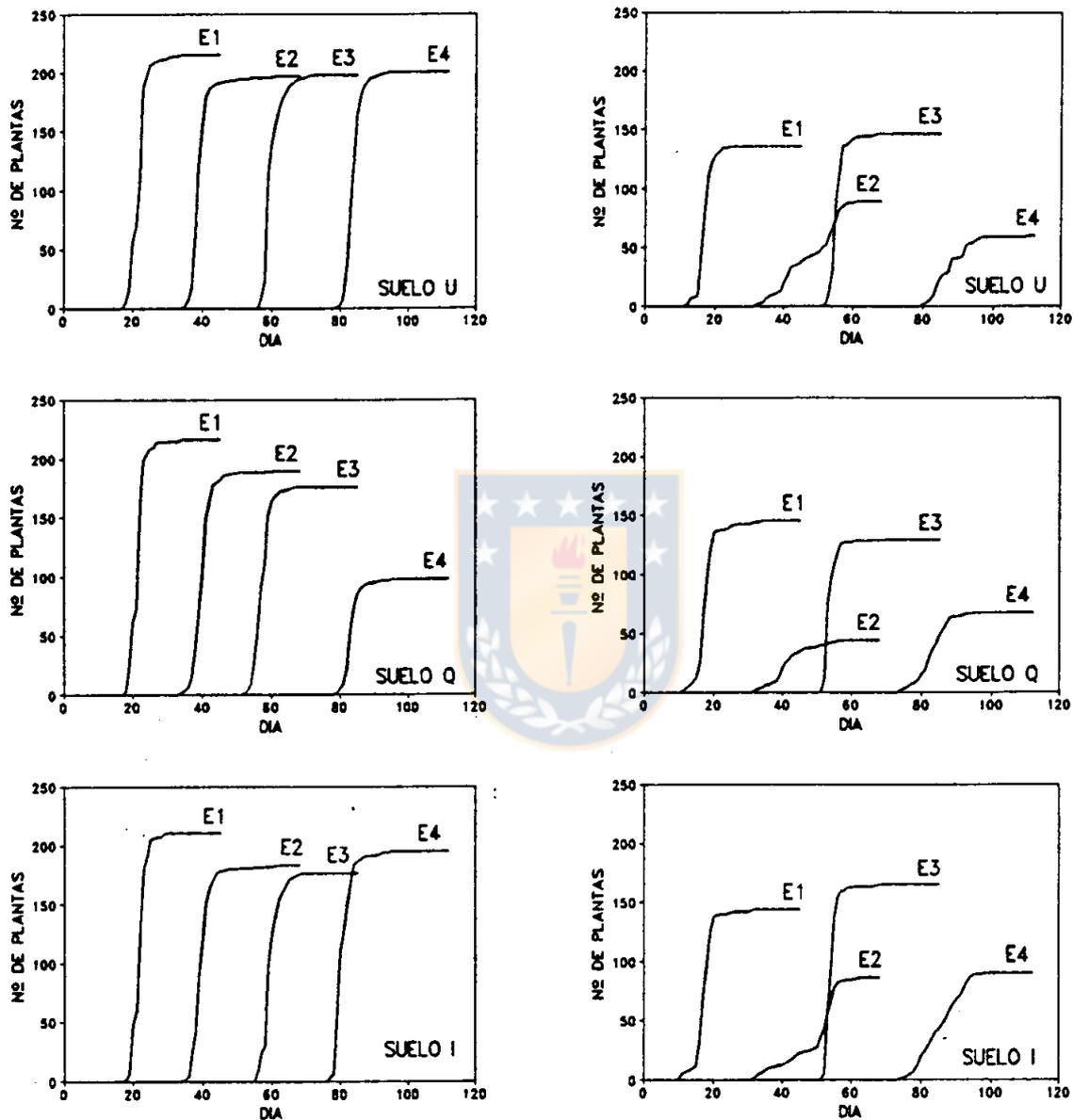
Pinus radiataEucalyptus globulus

Figura 1 A. Curvas de emergencia acumulada para P. radiata Y E. globulus en tres tipos de suelo en diferentes épocas de siembra (E<sub>i</sub>: épocas de siembra).

El análisis de varianza del número de plantas germinadas por tratamiento se presenta en la Tabla 1 A. La existencia de interacción triple indica que la emergencia debe ser analizado entre épocas de siembra independientemente para cada combinación suelo-especie.

TABLA 1 A. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA EMERGENCIA (N=72).

Fuente de variación	gl	Cuadrado medio	F
Tratamiento	23	8676.08	32.84**
Epo	3	13979.02	52.92**
Sue	2	4074.39	15.42**
Esp	1	113446.72	429.47**
EpoxSue	6	1264.35	4.79**
EpoxEsp	3	5157.99	19.53**
SuexEsp	2	1090.06	4.13*
EpoxSuexEsp	6	1796.20	6.80**
Error	48	264.15	
Total	71	2989.14	

EPO:época de siembra; SUE:suelo; ESP:especie; \*\*altamente significativa  $p \leq 99\%$ ; \* significativa  $p \leq 98\%$ .

El coeficiente de velocidad de emergencia (C.V.E.), asociado al período en que el huésped es vulnerable a Caída en el período de pre-emergencia, disminuye en la segunda y cuarta época de siembra en los suelos U e I para E. globulus, y para P. radiata en la primera época para los suelos U e I (Figura 2 A).

El período promedio de emergencia, o tasa de emergencia expresada en días (100/ C.V.E.), para los tratamientos con P. radiata fluctúa entre 14 y 22 días y entre 14 y 27 días para E. globulus.



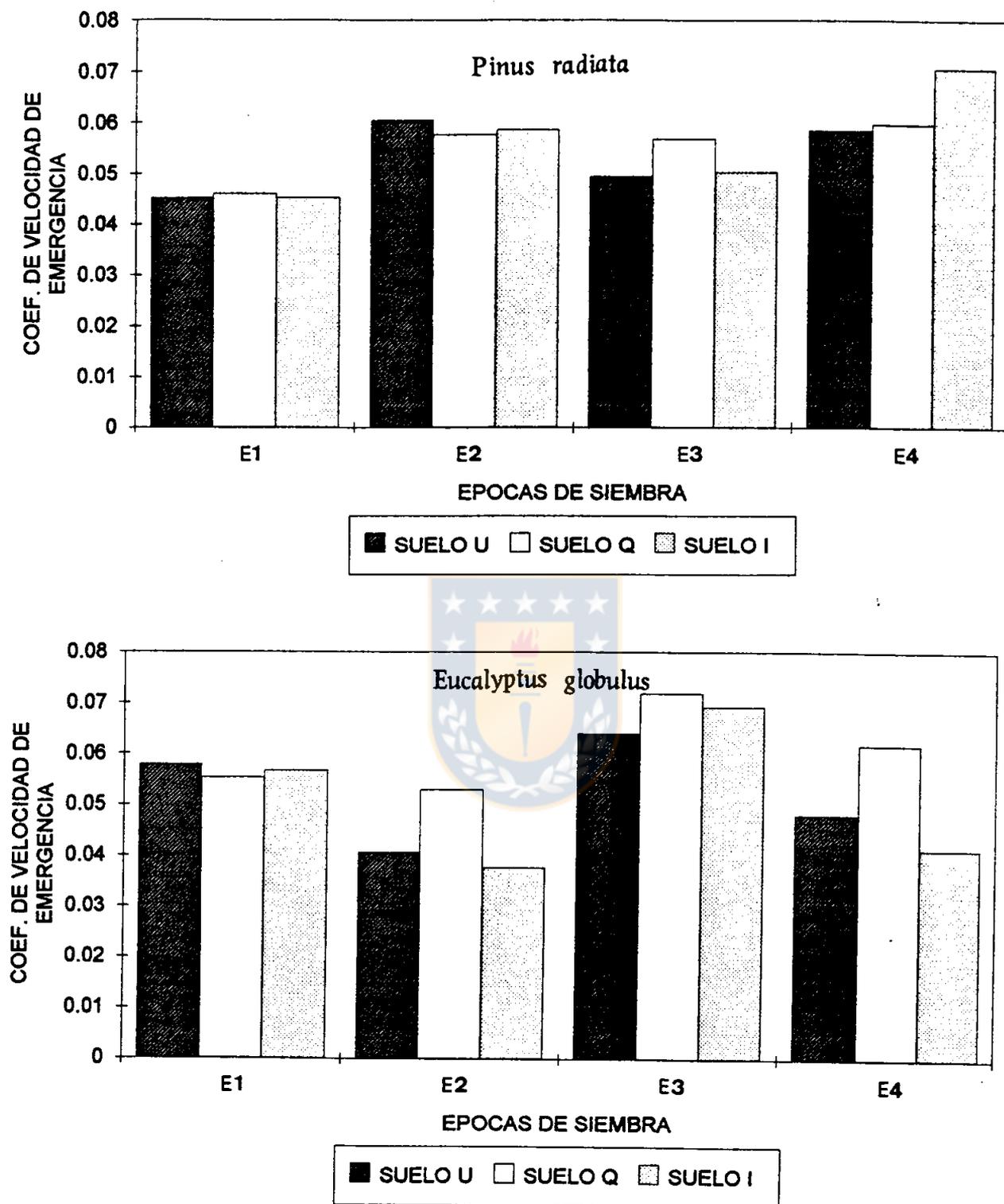


Figura 2 A. Velocidad de emergencia por época de siembra por tipo de suelo para *P. radiata* y *E. globulus*.

La incidencia de Caída de pre-emergencia se obtuvo a partir del número de semillas utilizado para ambas especies (240) y el total de plantas emergidas por tratamiento (ET).

La diferencia entre 240 y ET corresponde al número supuesto de plantas muertas en la etapa de pre-emergencia, que expresado en porcentaje del total sembrado, equivale a la incidencia aproximada de Caída en la etapa de pre-emergencia (Tabla 2 A).

La aproximación sólo se determinó en aquellas épocas en donde la temperatura no excedió los límites del rango óptimo de germinación para cada especie. El óptimo de germinación para especies forestales fluctúa entre 15 y 30 °C (Baker, 1950; citado por Donoso, 1981). En el suelo Q se obtuvieron temperaturas máximas por sobre el rango óptimo, las que pudieron afectar la germinación en las épocas 2, 3 y 4. Lo mismo sucedió en los suelos U e I en la última época. En estos casos no se determinó la incidencia de la enfermedad en la etapa de pre-emergencia. Se asume estos valores como ciertos, sólo considerando la alta temperatura como otra causa probable de no emergencia.

TABLA 2 A. INCIDENCIA (%) DE CAIDA DE PRE-EMERGENCIA POR TIPO DE SUELO Y EPOCA DE SIEMBRA PARA E. globulus Y P. radiata.

Especie		<u>Eucalyptus globulus</u>				<u>Pinus radiata</u>					
Epoca		1	2	3	4	Epoca		1	2	3	4
Suelo											
U		43.5	62.9	39.0	-	10.4	17.9	17.6	-		
Q		39.5	-	-	-	9.9	-	-	-		
I		40.0	64.0	31.4	-	12.2	23.6	26.5	-		

La incidencia de la enfermedad en el período de pre-emergencia es alta en la segunda época en los suelo U e I para E. globulus (Tabla 2 A). Se observa que en este período la especie mencionada tiene bajo coeficiente de velocidad de emergencia (Figura 2 A). Luego, dependiendo de la tasa de crecimiento de los patógenos, la severidad de la infección en el período de pre-emergencia es mayor si el coeficiente de velocidad de emergencia es menor (Leach, 1947).

## IX. ANEXO

TABLA 1 B. ANTECEDENTES CLIMATICOS TEMPORADA OCTUBRE 1993-ENERO 1994.

	Octubre	Noviemb.	Diciemb.	Enero
Temperatura del aire (°C) (media mensual)	13.5	15.2	18.3	20.3
Temperatura del suelo (°C) (media mensual, 2cm, sin pasto)	16.1	23.0	28.0	33.8
Humedad relativa (%) (media mensual)	66.0	59.2	53.1	52.4
Pluviometría (mm) (total del mes)	52.0	19.2	9.5	2.0

Fuente: Estación Agrometeorológica de Agronomía, Universidad de Concepción.

TABLA 2 B. CALIDAD DE LAS SEMILLAS UTILIZADAS EN EL ENSAYO POR ESPECIE.

	Especie	
	<u>P. radiata</u>	<u>E. globulus</u>
Variables morfológicas		
Pureza (%)	98.8	93.8
N° de semillas en un kilo	29215.0	465117.0
Peso de 1000 semillas (g)	34.2	2.2
Variables fisiológicas		
Capacidad germinativa (%)	64.5	88.2
Energía germinativa	40.6 % día 13	68.8 % día 6
Viabilidad (%)	97.0	-

TABLA 3 B. ANALISIS QUIMICO-FISICO POR TIPO DE SUELO UTILIZADO EN EL ENSAYO.

	Nombre muestra		
	U	Q	I
<b>Análisis químico</b>			
pH	6.18 M	6.60 M	7.06 A
Mat. orgánica (%)	2.48 M	4.47 M	10.38 M
N-NO <sub>3</sub> (ppm)	16.40 B	4.50 B	18.50 B
P (ppm)	21.80 M	10.80 B	25.70 M
K meq/100 g suelo	1.51 A	0.59 M	0.86 M
<b>Análisis físico</b>			
Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1.25	1.42	1.21
HBSS (%) 1/3 atm C.C.	29.10	10.50	46.60
HBSS (%) 15 atm P.M.P.	18.00	6.10	26.70
Humedad aprovechable(%)	11.10	4.40	19.90
Textura Sistema U.S.D.A.	47.0% arena 34.0% limo 19.0% arci. Franco	82.4% arena 17.5% limo 0.1% arci. Franco arenoso	46.5% arena 34.7% limo 18.8% arci. Franco
Textura Sistema Internacional	59.1% arena 21.9% limo 19.0% arci. Franco arcilloso	99.9% arena 0.0% limo 0.1% arci. Arena	60.2% arena 21.0% limo 18.8% arci. Franco arcilloso

U:suelo vivero Universidad de Concepción; Q:suelo vivero Los Quillayes; I:suelo vivero San Isidro; A=Alto; M=Medio; B=Bajo; HBSS=Humedad base suelo seco; C.C.=Capacidad de Campo; P.M.P.=Punto de Marchitez Permanente.

TABLA 4 B. PRUEBA DE BARTLETT PARA HOMOGENEIDAD DE VARIANZA EN LAS VARIABLES ESTIMADAS: INCIDENCIA DE LA ENFERMEDAD (IE) Y PARTICIPACION DE CADA AGENTE EN LA MORTALIDAD (Pi).

Variables (%)	$\chi^2$
IE	47.76
Pi:	
P1	46.05
P2	47.76
P3	60.16**
P4	62.12**
P5	137.65**

\*\* diferencia altamente significativa ( $p \leq 99 \%$ ); P1:Pythium; P2:Rhizoctonia solani; P3:Fusarium; P4:Cylindrocarpon sp. P5:Macrophomina phaseolina.  
Nota:la transformación empleada correspondió al arcoseno de la raíz de la proporción de la variable.

TABLA 5 B. INCIDENCIA DE CAIDA DE POST-EMERGENCIA POR TRATAMIENTO.

	<u>E. globulus</u>				<u>P. radiata</u>			
	E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4
Suelo U	7.15	9.34	6.63	28.48	3.25	24.49	5.72	15.81
Suelo Q	17.66	11.47	30.35	49.03	7.40	35.96	19.89	77.63
Suelo I	10.63	6.13	5.28	5.53	14.39	36.97	31.93	8.72

TABLA 6 B. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA INCIDENCIA EN CAIDA DE POST-EMERGENCIA (N=72).

Fuente de variación	gl	cuadrado medio	F
Tratam.	23	926.47	27.05**
Epo	3	1301.39	38.00**
Sue	2	2482.23	72.48**
Esp	1	1187.60	34.68**
EpoSue	6	1136.93	33.20**
EpoEsp	3	601.08	17.55**
SuexEsp	2	384.83	11.24**
EpoSuexEsp	6	309.70	9.04**
Error	48	34.25	
Total	71	323.28	

Epo: época de siembra; Sue: suelo; Esp: especie del huésped; \*\* altamente significativa  $p \leq 99 \%$

TABLA 7 B. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA PARTICIPACION DE CADA AGENTE EN CAIDA DE POST-EMERGENCIA (N=72).

F. de var.	gl	Cuadrado medio por variable				
		P1	P2	P3	P4	P5
Trat.	23	1.8	854.8**	158.6	236.6*	120.9*
A	3	892.5	2030.7**	431.0	771.5*	185.8*
B	2	880.3	1884.3**	69.0	772.0*	161.6*
C	1	505.7	3.1	238.2	11.0	322.0*
AB	6	757.6	542.8	129.5	201.3	79.3*
AC	3	364.9	128.9	212.5	17.5	164.4*
BC	2	311.0	1220.1*	45.7	48.2	89.7*
ABC	6	431.3	618.7*	78.7	36.0	71.8
Error	48	334.9	263.8	160.2	101.2	32.6
Total	71	320.7	455.2	159.7	145.1	61.2

Factores A=Epoca, B=Suelo y C=Especie. P1=Participación porcentual de *Pythium* en la mortalidad; P2=Participación porcentual de *Rhizoctonia solani* en la mortalidad; P3=Proporción de plantas muertas con *Fusarium*; P4=Proporción de plantas muertas con *Cylindrocarpon* sp.; P5=Proporción de plantas muertas con *Macrophomina phaseolina*; \*=significativa para  $p \leq 95\%$ ; \*\*=altamente significativa para  $p \leq 99 \%$ .

