

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

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Departamento Silvicultura

EL POTENCIAL DE CRECIMIENTO RADICULAR COMO
PREDICTOR DEL COMPORTAMIENTO INICIAL DE PLANTAS DE
Eucalyptus nitens EN TERRENO

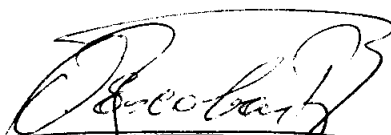


MEMORIA PARA OPTAR
AL TITULO DE
INGENIERO FORESTAL.

CONCEPCION - CHILE
1999

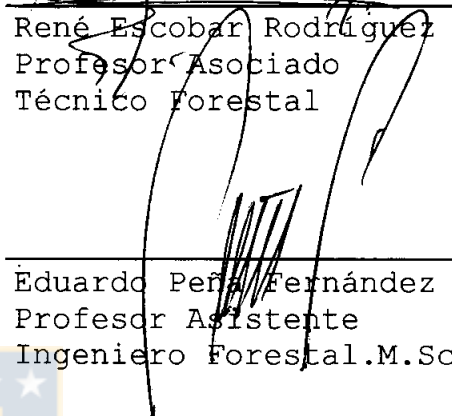
EL POTENCIAL DE CRECIMIENTO RADICULAR COMO
 PREDICTOR DEL COMPORTAMIENTO INICIAL DE PLANTAS DE
Eucalyptus nitens EN TERRENO.

Profesor Asesor



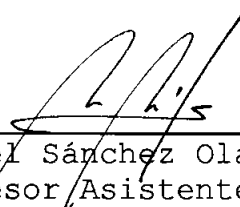
René Escobar Rodríguez
 Profesor Asociado
 Técnico Forestal

Profesor Asesor



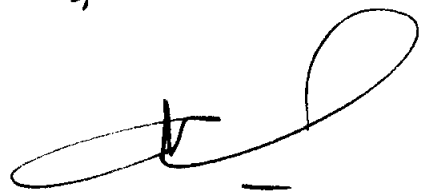
Eduardo Peña Fernández
 Profesor Asistente
 Ingeniero Forestal.M.Sc.

Director Departamento
 Silvicultura

Manuel Sánchez Olate
 Profesor Asistente
 Ingeniero Forestal.Dr.

Decano Facultad de Ciencias
 Forestales



Fernando Drake Aranda
 Profesor Asociado
 Ingeniero Forestal

Calificación de la memoria de título:

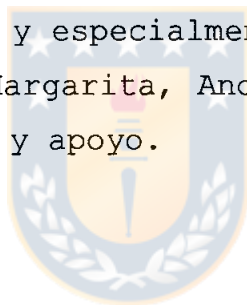
René Escobar R. : Ochenta y cinco puntos

Eduardo Peña F. : Ochenta y cinco puntos



A Julia y Luis,
mis padres y
a Cristina y Reinaldo,
mis abuelos.

A la llegada de este momento comienzo a mirar hacia atrás y veo el largo camino recorrido; lleno de dificultades, tristezas, preocupaciones, pero sobre todo, lo que más sentía y siento es una inmensa alegría de vivir con las personas que más quiero, mi familia. Además de ellos, mis agradecimientos a todas aquellas personas que me ayudaron en la realización de este trabajo. En forma especial, agradezco a los profesores Sr. René Escobar y Sr. Eduardo Peña, por su constante apoyo, ayuda y dirección acertada y al Sr. Eduardo Acuña por su colaboración permanente. A la empresa Forestal Mininco S. A., especialmente al Sr. Enrique Sandoval y Sr. Rodrigo Venegas, y al Sr. Guillermo Varas, por su disposición y colaboración. A Alejandra Escobar por su amistad y especialmente a mis Nonos (Aurelia y José), a mis tíos (Margarita, Andrea y Reinaldo), por su constante preocupación y apoyo.



INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA
I INTRODUCCION	1
II MATERIALES Y METODOS	6
2.1 Materiales	6
2.2 Métodos	7
2.2.1 Establecimiento de ensayos	8
2.2.2 Mediciones	9
2.2.3 Control de malezas	9
2.2.4 Análisis de datos	9
III RESULTADOS Y DISCUSION	11
IV CONCLUSIONES	19
V RESUMEN	20
VI SUMMARY	21
VII BIBLIOGRAFIA	22
VIII APENDICE	25

INDICE DE TABLAS

TABLA N°	PAGINA
<u>En el texto</u>	
1 Clases de Potencial de Crecimiento Radicular.....	7
2 Resultados del análisis de PCR en la población inicial.....	8
<u>En el Apéndice</u>	
1 A Altura promedio e incrementos de las plantas por tratamiento y oportunidad de medición en Los Angeles.....	25
2 A Altura promedio e incrementos de las plantas por tratamiento y oportunidad de medición en Escuadrón.....	25
3 A Diámetro de cuello promedio e incrementos de las plantas por tratamiento y oportunidad de medición en Los Angeles.....	26
4 A Diámetro de cuello promedio e incrementos de las plantas por tratamiento y oportunidad de medición en Escuadrón.....	26
5 A Índice de productividad por tratamiento y oportunidad de medición en cada sector de ensayo.....	27

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	PAGINA
<u>En el texto</u>	
1	Altura promedio de las plantas por tratamiento y oportunidad de medición en cada lugar de ensayo..... 11
2	Diámetro de cuello promedio de las plantas por tratamiento y oportunidad de medición en cada lugar de ensayo..... 12
3	Incremento corriente en altura de las plantas por tratamiento y oportunidad de medición en cada lugar de ensayo..... 13
4	Incremento corriente relativo en altura por tratamiento y oportunidad de medición en cada lugar de ensayo..... 14
5	Incremento periódico en altura por tratamiento y oportunidad de medición en cada lugar de ensayo..... 15
6	Incremento periódico en diámetro de cuello por tratamiento y oportunidad de medición en cada lugar de ensayo..... 15

7	Incremento periódico relativo en altura por tratamiento y oportunidad de medición en cada lugar de ensayo.....	16
8	Incremento periódico relativo en diámetro de cuello por tratamiento y oportunidad de medición en cada lugar de ensayo.....	17
9	Indice de Productividad por tratamiento y oportunidad de medición en cada lugar de ensayo.....	18



I INTRODUCCION

La Silvicultura intensiva necesita de plantas de buena calidad, que aseguren el éxito de una plantación. Así, el problema se traduce en determinar cuáles son los atributos que definen una planta ideal para asegurar el éxito mencionado. Una planta ideal o de buena calidad es aquella que logra la más alta tasa de supervivencia y crecimiento inicial en terreno (Escobar, 1994).

La determinación de la calidad de las plantas se ha hecho cada vez más indispensable debido a la aplicación de la silvicultura intensiva en el sector forestal (Duryea, 1985). Así, se han aplicado diferentes formas para evaluar la calidad de éstas, basadas en sus atributos y comportamiento, los que de alguna manera determinan su respuesta en terreno. Inicialmente, la evaluación se basó en los atributos del material, como la morfología (dimensiones de la planta); posteriormente se incorporaron los atributos fisiológicos (estatus nutricional, estatus hídrico) y atributos del comportamiento, entre los que se destacan la resistencia al frío, el Potencial de Crecimiento Radicular y la resistencia al estrés (Rodríguez, 1994).

El uso de atributos relacionados con el sistema radicular como indicadores de la calidad de plantas se justifica por el hecho de que éste es el principal factor involucrado en una supervivencia exitosa y en un buen comportamiento en terreno (Minko y Craig, 1976). El sistema radicular es importante debido a que durante el proceso de transplante la planta realiza, más lentamente, el proceso de

fotosíntesis, por lo que mientras más rápido restablezca su balance de agua más pronto podrá comenzar a crecer, sin recurrir a sus reservas nutricionales (Menziez, 1988). Las plantas con un sistema radicular inapropiado, presentan tasas de crecimiento y supervivencia bajas aunque el sitio presente excelentes condiciones (Balinsky et al., 1995).

El tamaño del sistema radicular parece ser un buen predictor, dado que un sistema radicular grande presenta un alto potencial de absorción de agua y nutrientes y también un gran Potencial de Crecimiento Radicular, pero también puede generar efectos negativos al aumentar la tasa de transpiración y el intercambio gaseoso (Rose et al., 1990). En varias especies, se ha encontrado que el diámetro de cuello y la masa radicular son los mejores predictores del comportamiento, siempre que las condiciones fisiológicas de las plantas no sean limitantes. Así, en *Pseudopsuga menziesii* se ha observado que a mayor tamaño radicular mayor es la supervivencia y altura total de las plantas (Long y Carrier, 1993). Aunque el peso seco de la raíz es utilizado como un predictor, el peso de la raíz principal puede ser hasta el 50% del peso total y tener una longitud pequeña, lo que reduce su bondad como indicador (Nambiar, 1980). El diámetro de cuello es un buen predictor del incremento mensual inicial después del establecimiento (Rodríguez, 1994). A pesar de esos resultados, y aunque la raíz es tan importante como el diámetro y la altura de las plantas para determinar su calidad, no existen medidas cuantitativas basadas en la medición de raíces que sean completamente satisfactorias (Thompson, 1985).

Más que las dimensiones del sistema radicular, lo importante para un comportamiento apropiado es la respuesta de ese sistema en terreno. Un indicador de ese comportamiento es el Potencial de Crecimiento Radicular (PCR), que expresa la capacidad del sistema radicular de formar raíces nuevas. Este es un buen indicador del comportamiento en terreno ya que tanto el crecimiento inicial como la supervivencia están relacionados con el PCR (Minko y Craig, 1976; Ritchie y Dunlap, 1980). Probablemente esa relación evidencia el hecho de que una planta capaz de explorar rápidamente el sitio donde fue plantada ocupa menor cantidad de reservas en establecerse, lo que significa que comenzará pronto a producir sus propios carbohidratos, obteniendo una alta tasa de crecimiento inicial (Ritchie, 1985). Las plantas que producen raíces nuevas poco después de la plantación probablemente sobreviven y crecen tanto como las condiciones del sitio se lo permitan; si el crecimiento radicular se retrasa, el crecimiento de las plantas se reduce (Sutton, 1980a).

El ensayo de PCR es un método seguro para pronosticar comportamiento en terreno, ya que existe una relación directa entre la cantidad de raíces que una planta puede producir bajo condiciones ambientales ideales y el crecimiento inicial y la supervivencia en terreno (Landis y Skakel, 1988). Presenta sí dificultades en su medición, debido a las características propias del sistema radicular, las que influyen en su descripción, experimentación y en la duración del ensayo (Sutton, 1980b).

El ensayo de PCR puede durar desde una semana hasta un mes, entregando resultados confiables para realizar pruebas estadísticas (Donald, 1988).

El PCR debe ser medido inmediatamente después de sacar las plantas del vivero, debido a que éste cambia constantemente (Ritchie, 1984). El PCR en la mayoría de las coníferas de climas fríos templados incrementa desde valores bajos alcanzados a fines de verano y principios de otoño hasta un punto máximo a mediados de invierno, cayendo nuevamente en primavera y en verano (Donald, 1988).

El objetivo de determinar el PCR de las plantas es predecir su supervivencia y comportamiento en terreno (Ritchie, 1985). En varias especies de coníferas se ha detectado una alta relación entre el PCR y la supervivencia, tanto en ensayos en terreno como en invernadero (Stone y Norberg, 1985, citados por Ritchie, 1985; Sutton, 1980b).

El PCR también es un buen predictor del crecimiento inicial de coníferas, llegando en algunos casos a explicar entre 82% y 96% de la variación del crecimiento en el primer año (Ritchie, 1985). En otros ensayos no se ha detectado una relación clara entre PCR y comportamiento (Sutton, 1983; Brissette y Roberts, 1984, citados por Ritchie, 1985).

En latifoliadas, los resultados de supervivencia son más erráticos. Webb (1977), citado por Ritchie (1985), encontró dificultad para regenerar *Acer saccharinum*, atribuyéndose los resultados a un débil PCR, siendo más fácil la regeneración con *Fraxinus americana* y *Acer saccharinum*. EL

PCR podría ser un importante factor en el éxito de la regeneración (Ritchie, 1985). En contraste, no existe relación entre el PCR y la supervivencia para *Liquidambar styraciflua* y *Liriodendron tulipifera*, existiendo una relación inversa en *Platanus occidentalis* (Rhea, 1977; citado por Ritchie, 1985).

Aunque no todos los autores concuerdan en la capacidad del PCR como predictor del comportamiento en terreno, la evidencia experimental muestra una fuerte relación entre el PCR y el comportamiento, al menos en coníferas del Noreste de América (Ritchie, 1985).

El objetivo general de este estudio es establecer si el Potencial de Crecimiento Radicular (PCR) de *Eucalyptus nitens* es un buen predictor del comportamiento en terreno. Específicamente se busca evaluar el efecto del PCR sobre la supervivencia, crecimiento en altura y diámetro de cuello e índice de productividad para la especie.

II MATERIALES Y METODOS

2.1 Materiales.

En el estudio se utilizaron plantas de *Eucalyptus nitens*, producidos a raíz cubierta, provenientes de dos viveros diferentes. Ambos tipos de planta se establecieron en ensayos en dos lugares distintos de propiedad de Forestal Mininco S.A., los que difieren tanto en clima como en suelo. El primer ensayo se estableció el 29 de Octubre de 1997 en terrenos del vivero Bío-Bío, a 6 km de los Angeles, en una superficie de 160 m² (4x40 m). Esta es una zona del valle central, con suelos de la serie Humán, los que ocupan posiciones bajas o intermedias, en planos depositacionales con topografía plana, ondulada o disectada según posición; ocasionalmente se pueden encontrar mezclados con suelos de igual composición, pero transportado por viento. Suelo compuesto de arenas volcánicas mixtas que tienen como base rocas del tipo andesítico-basáltico y otras veces conglomerados volcánicos descompuestos. Presenta una textura moderadamente gruesa y fase de drenaje imperfecto a pobre; fase moderadamente susceptible a la erosión. La precipitación en el sector varía entre 1200 y 2000 mm (CORFO, 1990). El segundo ensayo se estableció el 19 de Noviembre de 1997 en el Fundo Escuadrón, ubicado camino a Coronel, en la zona costera de la VIII Región, en una superficie de 720 m² (30x24 m). Estos suelos pertenecen a la serie San Esteban, suelos primarios provenientes de rocas graníticas, en raras ocasiones presentan algo de roca metamorfozada, ocupando preferentemente topografía alta y montañosa. Presenta una

textura media y fase moderada, altamente susceptible a la erosión. En algunos sectores se encuentra una fase delgada a moderadamente profunda. La precipitación en el sector oscila entre 1000 a 1200 mm (CORFO, 1990).

2.2 Métodos.

Los dos ensayos se establecieron con un diseño completamente aleatorio (Canavos, 1988) debido a la homogeneidad del sitio en la pequeña superficie utilizada en cada sector.

Antes de instalar los ensayos se determinó el PCR de las plantas por procedencia (vivero), utilizando la clasificación propuesta por Burdett (1979), citado por Ritchie (1985) (Tabla 1). El ensayo de PCR duró 28 días, periodo durante el cual las plantas se mantuvieron en cámara aeropónica. El PCR se determinó mediante el número de raíces nuevas, según la metodología descrita por Peña (1996) y Mendoza (1997).

TABLA 1. Clases de Potencial de Crecimiento Radicular (Burdett, 1979, citado por Ritchie, 1985).

Clase	Características
0	No hay raíces nuevas.
1	Algunas raíces nuevas, pero ninguna mayor a 1 cm.
2	1 a 3 raíces nuevas mayores a 1 cm.
3	4 a 10 raíces nuevas mayores a 1 cm.
4	11 a 30 raíces nuevas mayores a 1 cm.
5	Más de 30 raíces nuevas mayores a 1 cm.

El análisis de laboratorio mostró que los dos grupos de plantas presentaban diferente PCR; uno correspondía a la

clase 4 y el otro a la clase 2, los que se denominaron de Alto y Bajo PCR, respectivamente (Tabla 2). Estos dos niveles de PCR constituyeron los tratamientos, los que fueron establecidos con cuatro repeticiones en cada sector de ensayo. Para realizar los análisis estadísticos se comprobó la normalidad de los datos; el número de raíces nuevas, la longitud de raíces mayores a un centímetro y la longitud de raíces menores a un centímetro se distribuían normalmente.

TABLA 2. Resultados del análisis de PCR en la población inicial.

Tratamiento	Clase de PCR	NRN** (n°)	LRMA** (mm)	LRME** (mm)
PCR Alto	4	23,25	11,38	-
PCR bajo	2	3,31	1,92	1,61

NRN: Número de raíces nuevas; LRMA: Longitud de raíces mayores a 1 cm; LRME: Longitud de raíces menores a 1 cm; **:p(t)<0.01

2.2.1 Establecimiento de los ensayos. En Escuadrón se realizó control de malezas cuatro días antes de la plantación, utilizando Roundap 480 con una dosis de tres litros por hectárea, y se preparó el suelo en casillas. En Los Angeles sólo se realizó un rastraje.

Las unidades muestrales del ensayo en Los Angeles incluían 10 plantas cada una, establecidas cada un metro de distancia. En Escuadrón se establecieron seis plantas por parcela, con distancias de dos a cuatro metros entre parcelas. Las plantas se transportaron en bloques de cavidades y se plantaron con pala plantadora.

2.2.2 Mediciones. En cada ensayo se realizaron un total de siete mediciones de altura, con un intervalo de 30 días, utilizando huincha métrica, con una precisión de 0,5 mm. El diámetro de cuello se midió cada 60 días, con un pie de metro, cuya precisión era de 0,05 mm; durante los primeros dos meses se observó la condición (viva o muerta) de cada planta para determinar supervivencia. En Los Angeles las mediciones se realizaron desde el 29 de Octubre de 1997 hasta el 01 de Mayo de 1998; en Escuadrón desde el 19 de Noviembre de 1997 hasta el 19 de Mayo de 1998.

2.2.3 Control de malezas. En el sector de Escuadrón se realizó en el tercer mes un control de malezas en forma manual destinado a eliminar retamilla (*Teline monspesulana*) y zarzamora (*Rubus ulmifolius*). Posteriormente, en el quinto mes, se efectuó un control de malezas utilizando Simazina y Roundap-Max, en una concentración de tres kilogramos por hectárea para ambos productos, entre hileras de plantación.

2.2.4 Análisis de los datos. El análisis de la supervivencia y del crecimiento se realizó por cada oportunidad de medición. El primer paso del análisis consistió en realizar pruebas F de homogeneidad de varianza para la altura y el diámetro de cuello; posteriormente se realizaron pruebas t , concordantes con los resultados de las pruebas F , para determinar diferencias entre los tratamientos (Steel y Torrie, 1992).

En cuanto al crecimiento en diámetro de cuello y altura, se analizó el tamaño absoluto de las plantas y los incrementos corrientes y periódicos mensuales tanto absolutos como relativos al tamaño al inicio del ensayo y a cada período, respectivamente.

Los incrementos respectivos se obtuvieron mediante las relaciones siguientes:

$$IP_i = x_i - x_0$$

$$IPR_i = 100IP_i / x_0$$

$$IC_i = x_{i+1} - x_i$$

$$ICR_i = 100IC_i / x_i$$

donde:

IP_i : es el incremento periódico acumulado en la i -ésima medición.

IPR_i : es el incremento periódico acumulado relativo en la i -ésima medición.

IC_i : es el incremento corriente mensual en la i -ésima medición.

ICR_i : es el incremento corriente mensual relativo en la i -ésima medición.

x_i : es la altura (m) o dac (cm) en la i -ésima medición, según corresponda.

i : es la oportunidad de medición ($i=0,1,\dots,6$).

También se determinó el índice de productividad $IP_i = dac_i^2 h_i$, siendo dac_i el diámetro a la altura del cuello y h_i la altura total en la i -ésima medición.

III RESULTADOS Y DISCUSION

Independientemente del ambiente de ensayo, las plantas con PCR Alto tuvieron también mayor altura inicial y la mantienen durante el tiempo de medición (Tablas A1 y A2, apéndice; Figura 1). Lo mismo sucede con el diámetro de cuello (Tablas A3 y A4, apéndice; Figura 2). En Los Angeles, las diferencias entre tratamientos en altura son altamente significativas durante los seis meses de duración de las observaciones, mientras que en Escuadrón la diferencia desaparece en la sexta medición (Tablas A1 y A2, apéndice). La diferencia significativa en diámetro de cuello se presentó siempre en Los Angeles; en Escuadrón, en cambio, sólo se produjo una diferencia altamente significativa hasta el primer mes de mediciones (Tablas A3 y A4, apéndice).

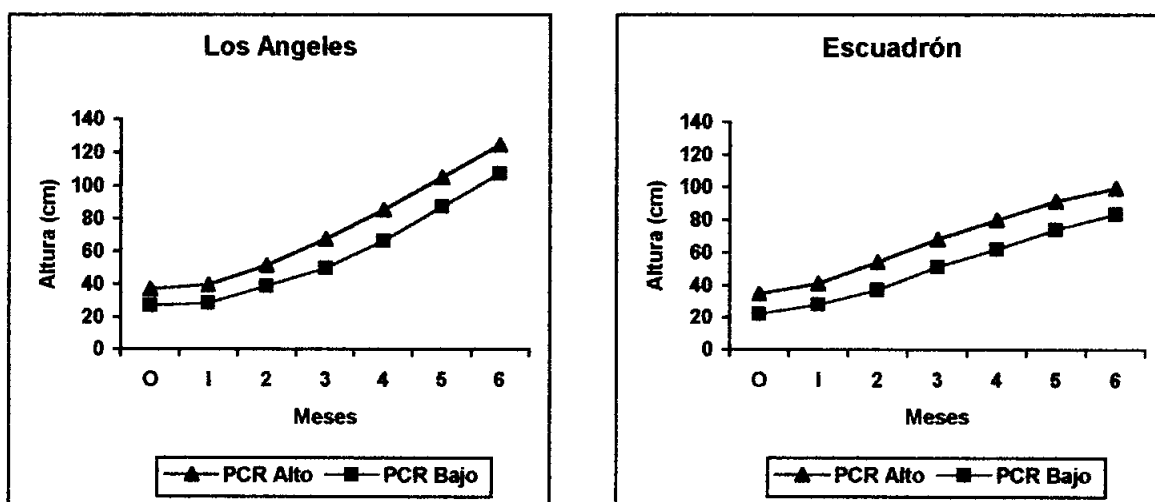


Figura 1. Altura promedio de las plantas por tratamiento y oportunidad de medición en cada lugar de ensayo.

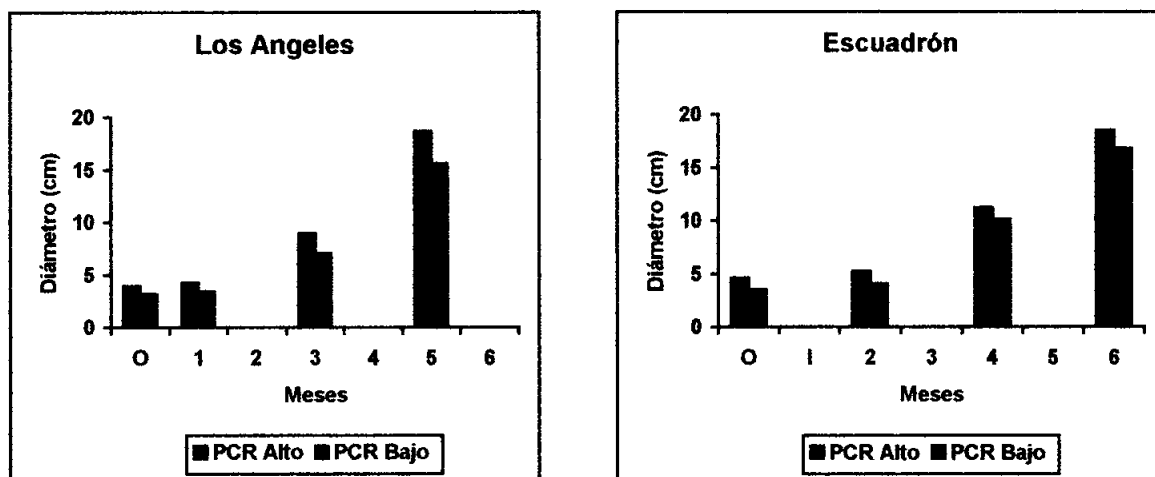


Figura 2. Diámetro de cuello promedio de las plantas por tratamiento y oportunidad de medición en cada lugar de ensayo.

El incremento corriente mensual en altura de las plantas de PCR Alto es mayor que el de las de PCR Bajo hasta el cuarto mes en Los Angeles; en Escuadrón, en cambio, sólo difieren en el segundo mes (Figura 3). Esto deja en evidencia que el PCR no es un buen indicador de la evolución del incremento corriente mensual y probablemente es influenciado por el ambiente. Esta hipótesis se establece porque no se observó el mismo comportamiento de la variable en ambos lugares de ensayo.

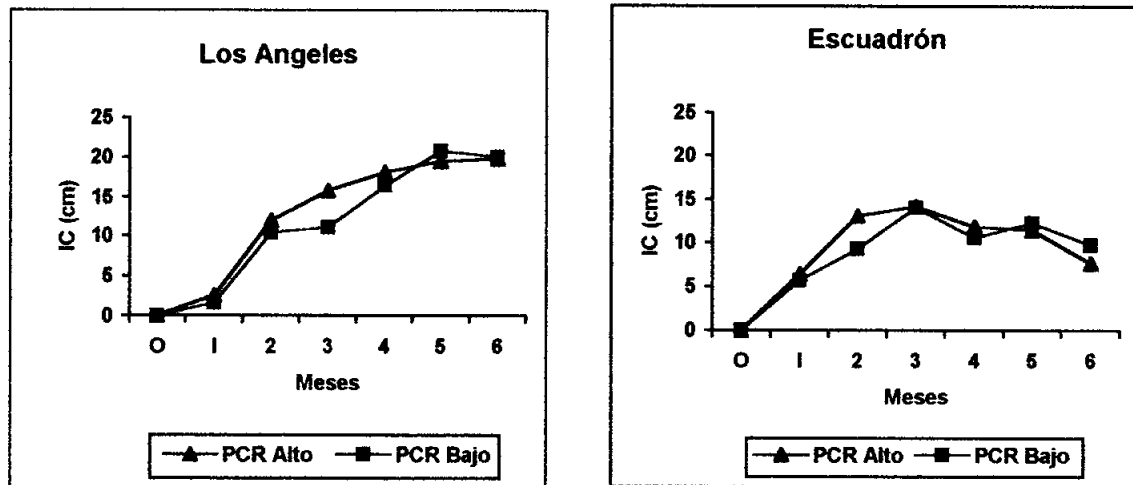


Figura 3. Incremento corriente en altura de las plantas por tratamiento y oportunidad de medición en cada lugar de ensayo.

Las plantas de PCR Bajo tienden a tener un mayor incremento corriente mensual relativo en altura que las de PCR Alto, en ambos sectores de ensayo (Figura 4). Esto deja en evidencia que el PCR no es un buen indicador de la evolución de esa variable, debido a que las diferencias entre tratamientos no son significativas (Tablas A1 y A2, apéndice); era de esperar que las plantas de PCR Alto tuvieran un mayor incremento que las de PCR Bajo, pero ocurre lo contrario. Es decir, si el incremento mensual se divide por el tamaño al inicio del mes, las plantas de PCR Bajo tienen un mayor valor en esta variable.

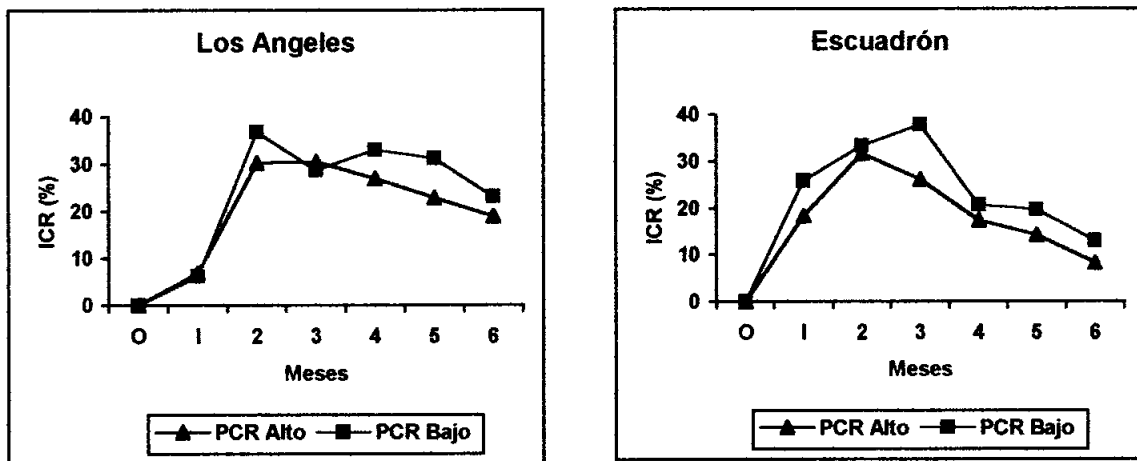


Figura 4. Incremento corriente relativo en altura por tratamiento y oportunidad de medición en cada lugar de ensayo.

Las plantas de PCR Alto presentaron mayor incremento periódico en altura (Figura 5) y en diámetro de cuello (Figura 6) que las de PCR Bajo durante todo el período de medición en ambos sectores. En Los Angeles, las diferencias fueron significativas entre los tratamientos en la variable altura hasta la cuarta medición; en cambio, en Escuadrón la diferencia significativa se produce sólo en el segundo mes (Tablas A1 y A2, apéndice). Aunque no siempre las diferencias fueron significativas, no se detectó influencia ambiental sobre la bondad del PCR como predictor de la evolución de esos incrementos; así, el PCR es buen predictor de ese comportamiento.

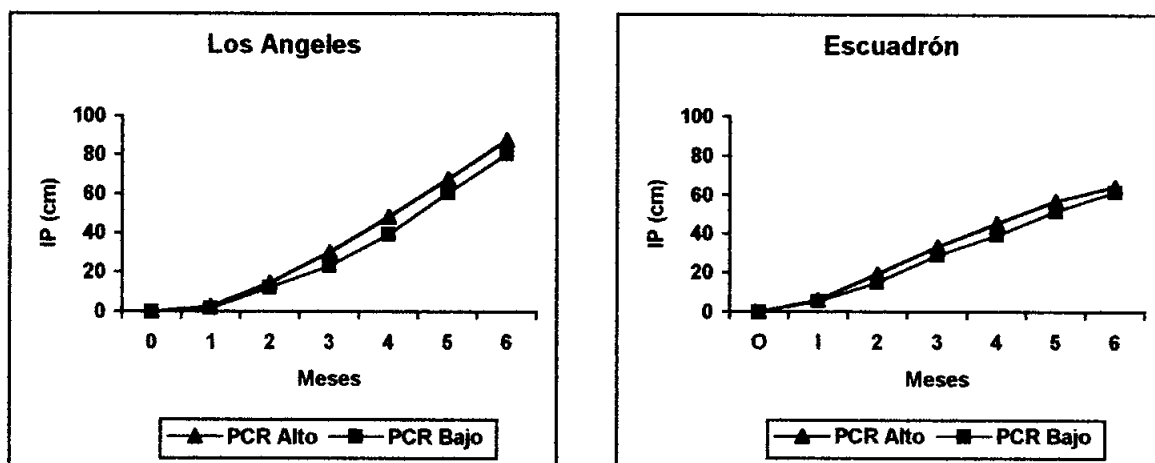


Figura 5. Incremento periódico en altura por tratamiento y oportunidad de medición en cada lugar de ensayo.

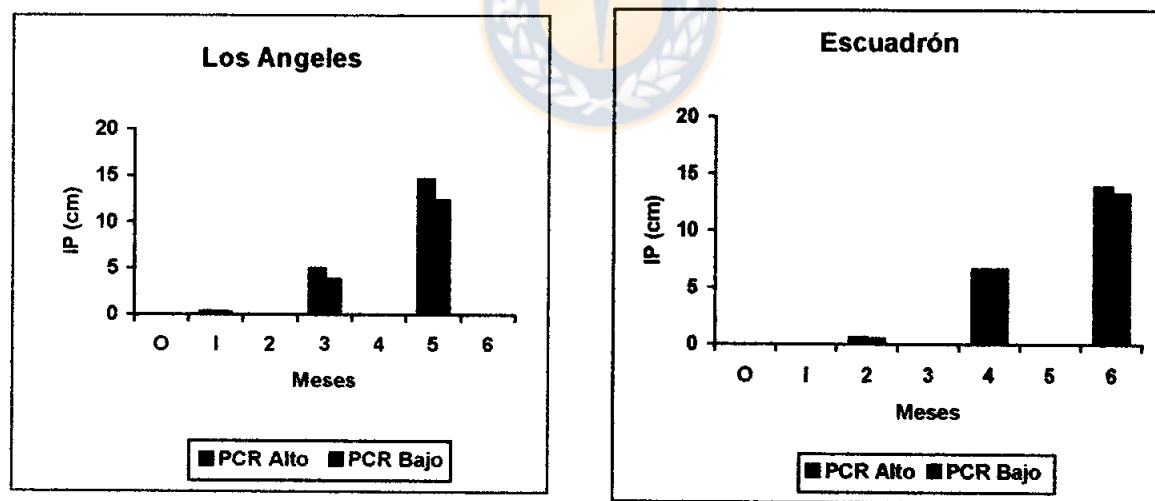


Figura 6. Incremento periódico en diámetro de cuello por tratamiento y oportunidad de medición en cada lugar de ensayo.

El incremento periódico relativo en altura (Figura 7) y diámetro de cuello (Figura 8) es mayor en las plantas de PCR Bajo que en las de PCR Alto. Esa diferencia es significativa en altura a partir del quinto mes en Los Angeles; en cambio, en Escuadrón esa diferencia es clara a partir del cuarto mes (Tablas A1 y A2, apéndice). No se detectan diferencias significativas en diámetro de cuello entre los tratamientos, sino que sólo se observan tendencias (Tablas A3 y A4, apéndice). En Escuadrón las plantas de PCR Bajo siempre presentan mayores incrementos que las de PCR Alto; en Los Angeles, eso se detecta desde la segunda medición (Tablas A1 y A2, apéndice). A juzgar por estos resultados, el PCR no es un buen indicador de la evolución de ese incremento; primero porque los resultados varían entre los lugares de ensayo), y segundo porque se esperaba observar mayor incremento en las plantas de PCR Alto que en las de PCR Bajo.

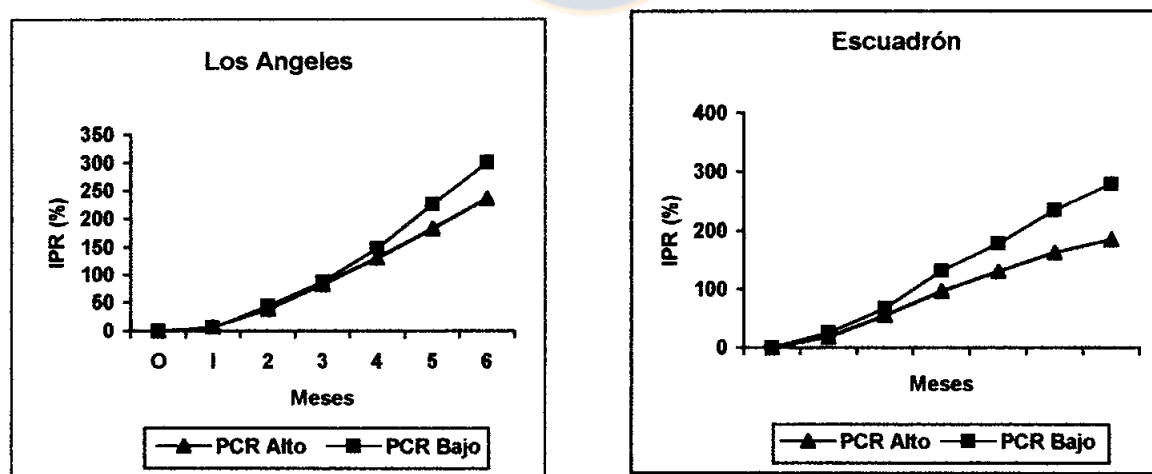


Figura 7. Incremento periódico relativo en altura por tratamiento y oportunidad de medición en cada lugar de ensayo.

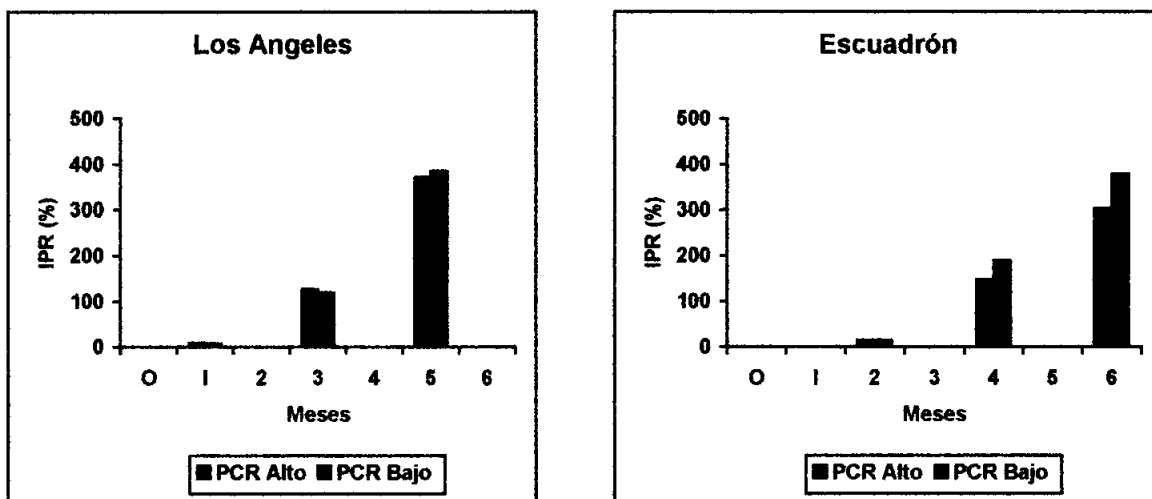


Figura 8. Incremento periódico relativo en diámetro de cuello por tratamiento y oportunidad de medición en cada lugar de ensayo.

Finalmente, el PCR es un buen indicador del comportamiento en terreno si éste es evaluado ya sea mediante la altura y diámetro de cuello absoluto. Estos resultados concuerdan con los de Minko y Craig (1976), Ritchie y Dunlap (1980) y Landis y Skakel (1988), quienes señalan que el PCR es un buen indicador del crecimiento inicial.

También el PCR es un buen indicador de la evolución del incremento periódico en diámetro y altura (Figura 9). Esos resultados coinciden con lo expuesto por Ritchie (1985), quien señala que una alta tasa de crecimiento inicial se logra con plantas capaces de ocupar rápidamente el sitio; esto es, aquellas que presentan un PCR alto. Sin embargo, es necesario precisar que la tasa de crecimiento aludida debe ser expresada como incremento periódico absoluto. El PCR no sirve como predictor del comportamiento en terreno si éste se evalúa mediante incrementos corrientes o

corrientes relativos en altura, o mediante incrementos periódicos relativos ya sea en diámetro o en altura.

El PCR es un buen indicador de la evolución del índice de productividad. Independientemente del ambiente de ensayo, las plantas de PCR Alto presentan mayor productividad que las de PCR Bajo durante los seis meses de medición (Tabla A5, apéndice; Figura 9).

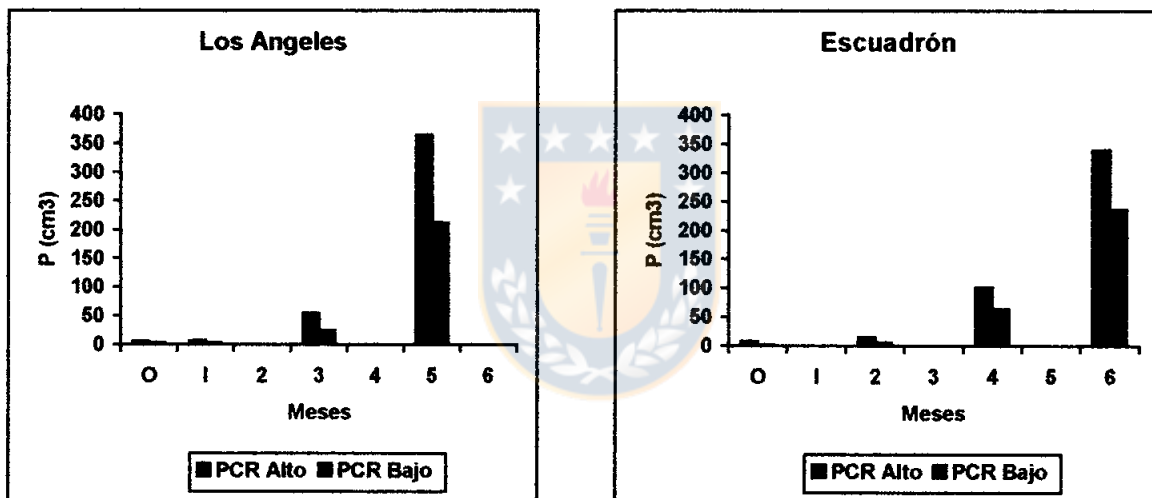


Figura 9. Índice de Productividad por tratamiento y oportunidad de medición en cada lugar de ensayo.

La bondad del PCR como predictor de la supervivencia no fue posible comprobarla, dado que no hubo mortalidad en ninguno de los tratamientos y lugares de ensayo en este estudio. Aún así, esos resultados concuerdan con los de Rhea (1977), citado por Ritchie (1985), quien afirma que el PCR no es un buen indicador de la supervivencia en latifoliadas.

IV CONCLUSIONES

El Potencial de Crecimiento Radicular (PCR) es un buen indicador del crecimiento en altura y diámetro de cuello, siempre que el crecimiento sea expresado en valores absolutos.

El PCR es un buen indicador de la evolución del incremento periódico en diámetro de cuello y altura, todos ellos expresados en términos absolutos. El PCR no es un buen predictor del comportamiento en terreno si éste se evalúa mediante incrementos corrientes o corrientes relativos en altura, o mediante incrementos periódicos relativos ya sea en diámetro o en altura.

El PCR es un buen indicador de la evolución del índice de productividad y es independiente de efectos ambientales.

El PCR no es un buen predictor de la supervivencia de plantas de *Eucalyptus nitens* en terreno, independientemente del ambiente.

V RESUMEN

Se realizó un estudio para determinar la bondad del Potencial de Crecimiento Radicular (PCR) como predictor del comportamiento, en terreno, de plantas de *Eucalyptus nitens* producidas a raíz cubierta, provenientes de dos viveros diferentes, las que tenían distintos valores de PCR. Ambos tipos de plantas, se establecieron en ensayos en dos lugares distintos que diferían en sus condiciones ambientales. El período de mediciones se prolongó por seis meses; mensualmente se registró la altura total y cada 60 días el diámetro de cuello de las plantas. La supervivencia se evaluó durante los dos primeros meses.

El análisis del tamaño acumulado, incrementos corrientes mensuales y periódicos, tanto absolutos como relativos, permitió determinar que el PCR es un buen indicador del crecimiento en altura y diámetro de cuello expresados en valores absolutos.

El PCR también resultó ser un buen indicador de la evolución del incremento periódico en diámetro y altura, todos ellos expresados en términos absolutos. El PCR no sirve como predictor del comportamiento en terreno evaluado mediante incrementos corrientes o corrientes relativos en altura, o mediante incrementos periódicos relativos ya sea en diámetro o altura.

El índice de productividad es dependiente del PCR e independiente del sector donde se determine. La supervivencia, en cambio, no se relaciona con el PCR de la especie.

VI SUMMARY

A study to determine the usefulness of the Root-Growth Potential (RPG) as a predictor of the early growth and survival of containerized *Eucalyptus nitens* seedlings was carried out. Seedlings from two different nurseries were used, which were different in RPG. The seedlings were established in trials at two places with different environmental conditions. Measurements were carried out for six months; the total height of the seedlings was registered monthly, and the collar diameter at the ground level was measured every 60 days. The survival was evaluated during the first two months.

The RPG is a good predictor of the total growth in height and diameter. Too, the RPG is a good predictor of the periodic increment in diameter and height, when they are expressed in absolute terms. The RPG is not a useful predictor of the early growth when the growth is evaluated in terms of current increments or relative increments in height, or periodic relative increments in diameter or height.

The productivity index is dependent on the RPG, independent of the sector where it is determined. The survival, on the other hand, is not related to the RPG.

VII BIBLIOGRAFIA

- Balinsky, A.C., P. Salonius, C. Walli and D. Brinkman. 1995. Seedling roots and forest floor: Misplaced and neglected aspects of British Columbia's reforestation effort? *The Forestry Chronicle* 71 (1): 59-65
- Canavos, G. 1988. Probabilidad y estadística: Aplicaciones y métodos (2ª edición). McGraw-Hill. México.
- CORFO. 1990. Proyecto Aerofotogramétrico. Instituto de Investigación de Recursos Naturales. CORFO. Publicación número 2. Chillán, Chile.
- Donald, D.G.M. 1988. The effect of season on the root growth capacity of one year-old *Pinus radiata* seedlings. *South African Forestry Journal*. 147: 6-8
- Duryea, M.L. 1985. Importance to reforestation. In: Duryea, M.L. (Ed) *Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures and Predictive Abilities of Major Tests*, pp 1-6. Forest Res. Lab., Oregon State Univ. Corvallis, OR.
- Escobar, R. 1994. Producción de plantas. Silvotecnica IV, La planta ideal. Forestal Mininco S.A., Fundación Chile. Concepción.
- Landis, T.D. and S.G. Skakel. 1988. Root growth potential as an indicator of outplanting performance: Problems and perspectives. pp 106-110. In: Landis, T.D. (Tech. Coordinator). Proc. of the 1988 combined meeting of the Western Forest Nursery Associations. Vernon, BC Canada. USDA Forest Service General Technical Report RM-167
- Long, A.J., and B.D. Carrier. 1993. Effects of Douglas-fir 2+0 seedling, morphology on field performance. *New Forest*, 7: 19-32.

- Mendoza, A. 1997. Influencia de la temperatura en el potencial de crecimiento radicular de: *Pinus radiata*, *Eucalyptus nitens* y *Eucalyptus globulus*. Memoria de Título. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Concepción. Chile.
- Menzies, M.Y. 1988. Calidad y especificaciones de la planta de semillero de pino insigne. What's New in Forest Research, N°171. Forest Research institute. Rotorua, New Zealand.
- Minko, G., and F.G. Craig. 1976. Radiata pine research in North-eastern Victoria. Bulletin N° 23. Forest Commission, Victoria, Australia.
- Nambiar, E.K.S. 1980. Root configuration and root regeneration in *Pinus radiata* seedlings. New Zealand Journal of Forestry Science 10 (1): 249-263.
- Peña, I. 1996. Potencial de crecimiento radicular de plantas de *Pinus radiata* D. Don con distinto potencial hídrico. Memoria de Título. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Concepción, Chile.
- Ritchie, G.A. and J. Dunlap. 1980. Root growth potential: its development and expression in forest tree seedlings. New Zealand Journal of Forestry Science 10: 218-248.
- Ritchie, G.A. 1984. Assessing seedlings Quality, pp. 243-259. In: M.L. Duryea and T.D. Ladis (Eds.) Forest Nursery Manual: Production of Bareroot seedling: Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers. The Hague Boston Lancaster, for Forest Research Laboratory. Oregon State University. Corvallis.
- Ritchie, G.A. 1985. Root Growth Potential: Principles, Procedures and Predictive Ability, pp. 93-105. In: M.L. Duryea (Ed.) Evaluating seedling quality: Principles, procedures and predictive Abilities of Major Test. Proc. of the Workshop, October 16-18, 1984. Oregon State University, Corvallis, Oregon, USA.

- Rodríguez, F. 1994. Efecto del diámetro de plantas en el crecimiento y sobrevivencia de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*. Silvotecnica IV, La planta ideal. Forestal Mininco S.A., Fundación Chile. Concepción.
- Rose, R., W.C. Carlson and P. Morgan. 1990. The target seedling concept. pp 1-7. In target seedling symposium: proceedings, combined meeting of the western Forest Nursery Associations (R. Rose, J. Campbell and T.D. Landis, eds.) USDA For Serv. Gen. Tech. Rep. RM-200, Roseburg Oregon.
- Steel, R. y J. Torrie. 1992. Bioestadística: Principios y Procedimientos. Mc Graw-Hill. México.
- Sutton, R. 1980a. Root System Morphogenesis. New Zealand Journal of Forestry Science 10 (1): 264-292.
- Sutton, R. 1980b. Planting Stock Quality Root Growth Capacity, and Field Quality Root Growth Capacity, and Field Performance of three Boreal Conifers. New Zealand Journal of Forestry Science 10: 54-71.
- Thompson, B.E. 1985. Seedling morphological evaluation - What you can tell by looking. In: Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures and predictive abolisteis of major test (Duryea, M.L. Ed.), pp 59-71. Forest Research Laboratory, Oregon State University. Corvallis, Oregon.

VIII APENDICE

TABLA 1A. Altura promedio e incrementos de las plantas por tratamiento y oportunidad de medición en Los Angeles.

TRATAMIENTO					
PCR Alto					
Oportunidad de medición	Altura Absoluta (cm)	Incremento Corriente (cm)	Incremento Corriente Relativo (%)	Incremento Periódico (cm)	Incremento Periódico Relativo (%)
0	37,08**	0	0	0	0
1	39,62**	2,55*	6,89	2,55*	6,89
2	51,59**	11,96*	30,26*	14,51**	39,25
3	67,34**	15,75**	30,55	30,27**	81,88
4	85,44**	18,09*	26,88**	48,36**	130,76
5	104,91**	19,47	22,78*	67,83	183,49*
6	124,70**	19,80	18,87	87,63	237,02*
PCR Bajo					
0	26,82**	0	0	0	0
1	28,44**	1,61*	6,12	1,61*	6,12
2	38,88**	10,44*	36,72*	12,06**	45,10
3	49,99**	11,11**	28,68	23,17**	86,78
4	66,46**	16,46*	32,96**	39,63**	148,38
5	87,21**	20,76	31,16*	60,39	225,93*
6	107,26**	20,05	23,09	80,43	301,05*

**: $p < 0.01$; *: $0.01 < p \leq 0.05$

TABLA 2A. Altura promedio e incrementos de las plantas por tratamiento y oportunidad de medición en Escuadrón.

TRATAMIENTO					
PCR Alto					
Oportunidad de medición	Altura Absoluta (cm)	Incremento Corriente (cm)	Incremento Corriente Relativo (%)	Incremento Periódico (cm)	Incremento Periódico Relativo (%)
0	34,81**	0	0	0	0
1	41,19**	6,38	18,32	6,38	18,32
2	54,21**	13,02**	31,67	19,40**	55,76*
3	68,35**	14,14	26,09	33,54	96,47
4	80,17**	11,82	17,36	45,36	130,47*
5	91,62*	11,44	14,21	56,80	163,43*
6	99,27	7,65	8,24	64,45	185,46*
PCR Bajo					
0	22,23**	0	0	0	0
1	27,94**	5,71	25,90	5,71	25,90
2	37,20**	9,26**	33,21	14,97**	67,70*
3	51,23**	14,03	37,80	29,00	131,53
4	61,77**	10,54	20,66	39,54	179,17*
5	74,02*	12,25	19,66	51,79	234,98*
6	83,73	9,71	12,90	61,50	279,63*

**: $p < 0.01$; *: $0.01 < p \leq 0.05$

TABLA 3A. Diámetro de cuello promedio de las plantas por tratamiento y oportunidad de medición en Los Angeles.

Oportunidad de medición	TRATAMIENTO				
	PCR Alto				
	Diámetro Absoluto (cm)	Incremento Corriente (cm)	Incremento Corriente Relativo (%)	Incremento Periódico (cm)	Incremento Periódico Relativo (%)
0	3,95*	0	0	0	0
1	4,26*	0,32	7,94	0,32	7,94
2	-	-	-	-	-
3	8,96 **	-	-	5,01*	126,95
4	-	-	-	-	-
5	18,64*	-	-	14,69	372,26
6	-	-	-	-	-
PCR Bajo					
0	3,25*	0	0	0	0
1	3,50*	0,24	7,70	0,24	7,70
2	-	-	-	-	-
3	7,06**	-	-	3,81*	120,42
4	-	-	-	-	-
5	15,60*	-	-	12,35	385,61
6	-	-	-	-	-

**: $p < 0.01$; *: $0.01 < p \leq 0.05$

TABLA 4A. Diámetro de cuello promedio de las plantas por tratamiento y oportunidad de medición en Escuadrón.

Oportunidad de medición	TRATAMIENTO				
	PCR Alto				
	Diámetro Absoluto (cm)	Incremento Corriente (cm)	Incremento Corriente Relativo (%)	Incremento Periódico (cm)	Incremento Periódico Relativo (%)
0	4,62**	0	0	0	0
1	-	-	-	-	-
2	5,24*	-	-	0,61	13,68
3	-	-	-	-	-
4	11,30	-	-	6,67	145,96
5	-	-	-	-	-
6	18,51	-	-	13,89	303,44
PCR Bajo					
0	3,52**	0	0	0	0
1	-	-	-	-	-
2	4,04*	-	-	0,52	14,65
3	-	-	-	-	-
4	10,14	-	-	6,62	189,07
5	-	-	-	-	-
6	16,78	-	-	13,26	379,11

**: $p < 0.01$; *: $0.01 < p \leq 0.05$

TABLA 5A. Índice de productividad por tratamiento y oportunidad de medición en cada lugar de ensayo.

Oportunidad de medición	Los Angeles		Escuadrón	
	PCR Alto (cm ³)	PCR Bajo (cm ³)	PCR Alto (cm ³)	PCR Bajo (cm ³)
0	5,78	2,83	7,43	2,75
1	7,19	3,48	-	-
2	-	-	14,88	6,07
3	54,06	24,92	-	-
4	-	-	101,10	63,51
5	364,51	212,23	-	-
6	-	-	340,12	235,75

