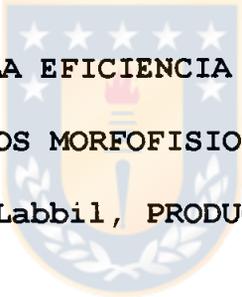


U N I V E R S I D A D D E C O N C E P C I O N

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Departamento Silvicultura



"DETERMINACION DE LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA Y
RELACION DE ATRIBUTOS MORFOFISIOLOGICOS EN PLANTAS DE
Eucalyptus globulus Labbil, PRODUCIDAS A RAIZ CUBIERTA"

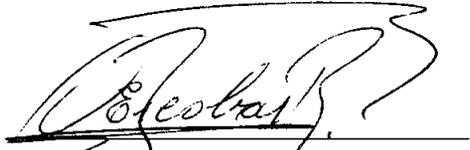
MEMORIA PARA OPTAR
AL TITULO DE
INGENIERO FORESTAL

CONCEPCION - CHILE

1999

DETERMINACION DE LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA Y
RELACION DE ATRIBUTOS MORFOFISIOLOGICOS EN PLANTAS DE
Eucalyptus globulus Labbil, PRODUCIDAS A RAIZ CUBIERTA.

Profesor Asesor



René Escobar Rodríguez

Profesor Asociado

Técnico Forestal

Profesor Asesor

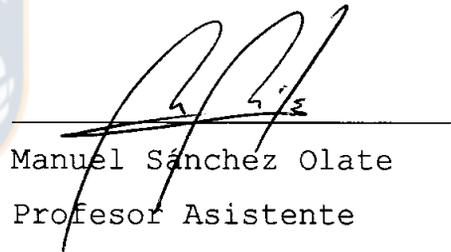


Jorge Jara Ramírez

Profesor Asociado

Ingeniero Agrónomo, Ph.D

Director Departamento
Silvicultura

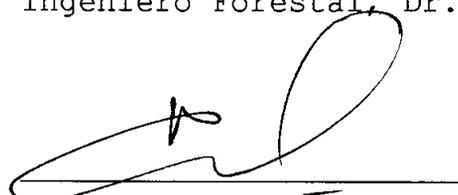



Manuel Sánchez Olate

Profesor Asistente

Ingeniero Forestal, Dr.

Decano Facultad de Ciencias
Forestales



Fernando Drake Aranda

Profesor Asociado

Ingeniero Forestal

Calificación de la memoria de título:

Profesor René Escobar R. : 94 Puntos (Noventa y cuatro).

Profesor Jorge Jara R. : 94 Puntos (Noventa y cuatro).



A Dios

A mis padres

A mis hermanos

Al momento de culminar esta etapa en mi vida quisiera expresar mis agradecimientos:

A mis padres por la formación entregada por la comprensión por la confianza depositada en mi y apoyo en los momentos difíciles.

A mis hermanos por estar siempre juntos.

A ti, por tu apoyo, comprensión y saber entender mi forma de ser.

A Don René Escobar por su confianza y enseñanza hasta el último momento.

A Don Jorge Jara por su disponibilidad y ayuda en la realización de esta tesis.

A mis grandes amigos durante la carrera los cuales en los momentos en que más los necesité estuvieron ahí Lorena, Carolina, Cristian, Mauricio, Marcos, Juan Ignacio grandes amigos en los buenos momentos y también en los otros.

A Alex por su ayuda en la evaluación estadística.

INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA
I	INTRODUCCION..... 1
1.1	Metabolismo de las plantas..... 3
1.1.1	Absorción y transpiración de agua por las plantas..... 3
1.2	Relaciones hídricas..... 4
1.2.1	Potencial hídrico..... 4
1.2.1.1	Determinación del potencial hídrico..... 6
1.3	Eficiencia en el uso del agua... 6
II	MATERIALES Y METODOS..... 8
2.1	Lugar del estudio..... 8
2.2	Siembra..... 8
2.3	Sustrato utilizado..... 8
2.4	Tipo de contenedor..... 8
2.5	Eficiencia en el uso del agua... 9
2.6	Riego..... 9
2.7	Condiciones ambientales..... 10
2.8	Fertilización..... 10
2.9	Diseño experimental..... 11
2.9.1	Eficiencia en el uso del Agua... 11
2.9.2	Relación atributos morfofisiológicos..... 11
2.10	Variables evaluadas..... 12

2.10.1	Variables fisiológicas.....	12
2.10.1.1	Potencial hídrico.....	12
2.10.2	Variables morfológicas.....	13
2.10.2.1	Altura de tallo.....	13
2.10.2.2	Diámetro de cuello.....	13
2.10.2.3	Estimación de peso fresco y peso seco.....	14
2.10.2.4	Área foliar.....	15
III	RESULTADOS Y DISCUSION.....	16
3.1	Eficiencia en el uso del agua... 16	
3.2	Relación atributos Morfofisiológicos.....	17
3.2.1	Potencial hídrico.....	17
3.2.2	Número de Hojas y Área foliar... 18	
3.2.3	Diámetro de cuello.....	22
3.2.4	Altura de tallo.....	23
3.2.5	Peso seco total.....	24
3.2.6	Peso fresco total.....	26
IV	CONCLUSIONES.....	28
V	RESUMEN.....	29
VI	SUMMARY.....	30
VII	BIBLIOGRAFIA.....	31
VIII	APENDICES.....	35

INDICE DE TABLAS

TABLA N° PAGINAEn el Texto

- 1 Potencial hídrico medido al inicio (T_0) y al final (T_f) del estudio en plantas de *Eucalyptus globulus*, con riego cada 24 y 48 horas y reposición de agua por pérdida de peso (R/pp) y capacidad de campo (R/cc).... 18
- 2 Número de hojas medido al inicio (T_0) y al final (T_f) del estudio en plantas de *Eucalyptus globulus*, con riego cada 24 y 48 horas y reposición de agua por pérdida de peso (R/pp) y capacidad de campo (R/cc).... 19
- 3 Area foliar medido al inicio (T_0) y al final (T_f) del estudio en plantas de *Eucalyptus globulus*, con riego cada 24 y 48 horas y reposición de agua por pérdida de peso (R/pp) y capacidad de campo (R/cc).... 21

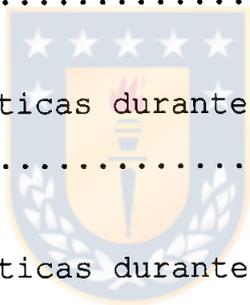
- 4 Diámetro de cuello medido al inicio (T_0) y al final (T_f) del estudio en plantas de *Eucalyptus globulus*, con riego cada 24 y 48 horas y reposición de agua por pérdida de peso (R/pp) y capacidad de campo (R/cc).... 22
5. Altura de tallo medido al inicio (T_0) y al final (T_f) del estudio en plantas de *Eucalyptus globulus*, con riego cada 24 y 48 horas y reposición de agua por pérdida de peso (R/pp) y capacidad de campo (R/cc).... 24
- 6 Peso seco total medido al inicio (T_0) y al final (T_f) del estudio en plantas de *Eucalyptus globulus*, con riego cada 24 y 48 horas y reposición de agua por pérdida de peso (R/pp) y capacidad de campo (R/cc).... 25
- 7 Peso fresco total medido al inicio (T_0) y al final (T_f) del estudio en plantas de *Eucalyptus globulus*, con riego cada 24 y 48 horas y reposición de agua por pérdida de peso (R/pp) y capacidad de campo.(R/cc).... 27

INDICE DE TABLAS

TABLA N°	PAGINA
<u>En el Apéndice:</u>	
1A	Análisis de varianza para el número de hojas medido a los 60 días de iniciado el estudio..... 37
1B	Análisis de varianza para el potencial hídrico medido a los 60 días de iniciado el estudio..... 37
1C	Análisis de varianza para el área foliar medido a los 60 días de iniciado el estudio..... 37
1D	Análisis de varianza para el diámetro de cuello medido a los 60 días de iniciado el estudio..... 37
1E	Análisis de varianza para la longitud de raíz medido a los 60 días de iniciado el estudio..... 38

1F	Análisis de varianza para la altura de tallo medido a los 60 días de iniciado el estudio.....	38
1G	Análisis de varianza para el peso seco de hojas medido a los 60 días de iniciado el estudio.....	38
1H	Análisis de varianza para el peso seco de tallo medido a los 60 días de iniciado el estudio.....	38
1I	Análisis de varianza para el peso seco de raíz medido a los 60 días de iniciado el estudio.....	39
1J	Análisis de varianza para el peso seco total medido a los 60 días de iniciado el estudio.....	39
1k	Análisis de varianza para el peso fresco de hojas medido a los 60 días de iniciado el estudio.....	39
1L	Análisis de varianza para el peso fresco de tallo medido a los 60 días de iniciado el estudio.....	39

1M	Análisis de varianza para el peso fresco de raíz medido a los 60 días de iniciado el estudio.....	40
1N	Análisis de varianza para el peso fresco total medido a los 60 días de iniciado el estudio.....	40
2A	Condiciones climáticas durante el mes de Octubre de 1999.....	42
2B	Condiciones climáticas durante el mes de Noviembre de 1999.....	43
2C	Condiciones climáticas durante el mes de Diciembre de 1999.....	44
2D	Condiciones climáticas durante el mes de Enero de 2000.....	45



INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°		PAGINA
<u>En el texto:</u>		
1	Forma de riego suministrado a las plantas durante el estudio.....	10
2	Medición del potencial hídrico (MPa) al Momento de aparecer la primera gota de agua...	13
3	Estimación del peso fresco y peso seco.....	14
4	Eficiencia en el uso del agua (EUA) para tratamientos de riego cada 24 horas (T1) y 48 horas (T2) en función del tiempo, en plantas de <i>Eucalyptus globulus</i> Labbil durante el Periodo de estudio.....	17
5	Altura de tallo (cm) alcanzada al momento de cosechar las plantas de <i>Eucalyptus globulus</i> Labbil.....	23

I INTRODUCCION

La programación para la producción de plantas requiere de buena información, de manera que permita dimensionar e implementar correctamente las labores de manejo de un vivero. El objetivo final es producir plantas de la más alta calidad, de manera tal que su tasa de supervivencia y crecimiento inicial logren los mayores valores posibles en un sitio determinado; si esto no sucede, la planta no es de buena calidad (Escobar y Sánchez, 1992).

Las plantas deben estar preparadas para soportar lo mejor posible al shock de plantación. Para ello, el viverista dispone de diferentes herramientas de manejo que, independientemente del método de producción que utilice, le permiten producir plantas adecuadamente acondicionadas para un sitio determinado; así, el forestador obtendrá los mejores resultados (Escobar y Sánchez, 1992).

En la etapa de vivero, la producción y la productividad de las plantas se encuentran determinadas por aspectos de tipo genético, climáticos, culturales, y por dos factores de suma importancia como son la disponibilidad del agua y de nutrientes a nivel del suelo o medio de crecimiento.

En los últimos años, el uso del agua es uno de los factores a los que los viveristas le han dado la mayor importancia. El conocer la cantidad de agua necesaria para llegar a formar una planta, con ciertos atributos morfológicos y fisiológicos, es un desafío para las siguientes

generaciones de productores nacionales de plantas. Según Barceló (1995), el agua es el componente químico más abundante en las plantas. Normalmente en los tejidos activos alcanza valores entre el 80 y el 95 % en peso fresco, por lo que no es de extrañar que este elemento sea uno de los factores que más condicionan el crecimiento y desarrollo de las plantas.

El agua es uno de los factores más limitantes para la producción del cultivo, ya que por cada gramo de materia seca de planta producida, se utiliza una gran cantidad de ella, la que mayoritariamente, sólo pasa a través de la planta y es expulsada a la atmósfera. Sólo una fracción, del orden del 1% del agua absorbida por las raíces es retenida en el tejido de la planta. Esta mínima fracción es muy importante, ya que una pequeña variación en la cantidad de agua retenida puede hacer la diferencia entre no crecimiento y crecimiento vigoroso (Hsiao, 1990).

Kramer(1974), señala que el agua tiende a penetrar por las raíces más rápidamente en las regiones que ofrecen menor resistencia a su movimiento. La localización de la región de más rápida absorción varía según la especie, la edad y el coeficiente de crecimiento; y también con la magnitud de la tensión desarrollada en el sistema de conducción del agua.

1.1 Metabolismo de las plantas.

La facilidad aparente con que las semillas sembradas germinan, crecen y se convierten en plantas adultas demuestra que las plantas están adaptadas a las circunstancias bajo las cuales han de completar su ciclo vital. Pero esto no sugiere nada acerca de la complejidad y del delicado equilibrio que existe entre los múltiples procesos que, por su simultáneo suceder, determinan el desarrollo vegetal. Así, mientras las hojas verdes toman y fijan el anhídrido carbónico por medio de la fotosíntesis, las raíces absorben del suelo el agua y las sustancias minerales indispensables para el crecimiento. El CO_2 absorbido por las hojas más el agua y sustancias minerales que toman las raíces, constituyen las materias primas para el crecimiento (Bonner y Galston, 1959).

Aunque los órganos vegetales son altamente especializados en sus actividades, su crecimiento integral y armónico se realiza gracias a una mutua cooperación y al continuo intercambio de sustancias entre ellos. El agua y las sustancias minerales que toman las raíces son transportadas a las hojas y puestas en condiciones de ser utilizadas, al tiempo que los productos fotosintéticos formados en estos últimos órganos se trasladan hacia las raíces (Bonner y Galston, 1959).

1.1.1 Absorción y transpiración de agua por las plantas. El proceso que conlleva a la absorción de agua por las plantas es pasivo, ya que no utiliza energía producto del metabolismo, sino que utiliza energía solar, existiendo

comúnmente un gradiente de energía desde el suelo hacia la atmósfera como producto de la transpiración (Kramer, 1974).

La absorción de agua no es un proceso independiente sino que se relaciona con el coeficiente de pérdida de agua por transpiración y está ampliamente controlado por él, por lo menos cuando el agua está a la disposición de las raíces. La absorción y la transpiración están relacionadas por las columnas continuas de agua en el sistema del xilema de las plantas. Así, el movimiento del agua pasando del suelo al aire a través de estas, se considera como una serie de procesos ligados entre sí, en los cuales el coeficiente general está controlado por el proceso más lento, o sea la etapa en la cual se produce la mayor resistencia al movimiento del agua (Kramer, 1974).

1.2 Relaciones hídricas.

El agua, en su forma líquida, permite la difusión y el flujo masivo de solutos, por esta razón, es esencial para el transporte y distribución de nutrientes y metabolitos en toda la planta. También es importante en las vacuolas de las células vegetales ya que ejerce presión sobre el protoplasma y pared celular, manteniendo así la turgencia en hojas, raíces y otros órganos de esta (Sánchez - Díaz y Aguirreola, 1993).

1.2.1 Potencial hídrico. Sánchez - Díaz y Aguirreola (1993), señalan que el potencial hídrico corresponde, desde el punto de vista energético, al trabajo que habría que suministrar a una unidad de masa de agua "ligada" al suelo,

o a los tejidos de una planta para llevarla de este estado de unión a uno de referencia, correspondiente al de agua pura "libre" a la misma temperatura y presión atmosférica.

Normalmente, en los tejidos activos el agua alcanza valores entre el 80 y el 95% en peso fresco, por lo que no es de extrañar que sea uno de los factores ecológicos que más condicionan el crecimiento y desarrollo de las plantas, precisamente por la abundancia, diversidad e importancia fisiológica de las funciones en que participa (Barceló et al, 1995).

El potencial hídrico de la planta (Ψ) consta de tres componentes principales: Potencial de presión (Ψ_p), potencial osmótico (Ψ_o) y potencial mátrico (Ψ_m).

$$\Psi = \Psi_p + \Psi_o + \Psi_m$$

La suma de los tres términos es un número negativo, salvo en células plenamente turgentes en que llega a cero (Kramer, 1974; Sánchez-Díaz y Aguirreolea 1993).

Barceló (1995), señala que en términos termodinámicos, la diferencia de potenciales hídricos, $\Psi_2 - \Psi_1 = \Delta\Psi$, entre dos sistemas en contacto es la fuerza conductora responsable del flujo del agua desde el sistema de mayor al de menor potencial hídrico siempre y cuando, el agua sea el único componente móvil entre los dos sistemas, como ocurre cuando está presente una membrana semipermeable.

1.2.1.1 Determinación del potencial hídrico: Para la determinación del potencial hídrico se dispone de una serie de métodos. No obstante, el hecho de que por el momento no se haya podido unificar a unos pocos métodos comunes es indicativo de que aún no se ha llegado a uno de referencia válido con carácter general (Barceló et al, 1995).

Schölander et al. (1964), elaboró el método de la cámara de presión en donde el Ψ del xilema o de las células de las hojas se compensa externamente por una presión ejercida desde el exterior de la hoja, lo que ocurre cuando aparece savia en el xilema. Se considera que la presión que debe aplicarse para impulsar el agua de las células foliares al xilema, es igual al valor absoluto del potencial hídrico de las células foliares. La cámara de presión entrega valores medidos en un tejido pero no de las células individuales.

1.3 Eficiencia en el uso del Agua.

La eficiencia en el uso del agua (EUA), se define como la cantidad de CO₂ asimilado por unidad de agua transpirada. Generalmente, se expresa en términos de productividad como materia seca producida (mg) por cantidad de agua transpirada (mg) (Hsiao y Acevedo, 1974).

La EUA en términos de unidades de agua utilizada por unidad de materia producida resulta importante, en especial donde hay un abastecimiento limitado de esta. Según Slatyer (1955) citado por Kramer (1974), la eficiencia varía entre 200 y 500 unidades de agua para cosechas de alto rendimiento, hasta 2000 unidades de agua o más tratándose

de tierras áridas con vegetación dispersa. Esto porque la producción de materia seca aumenta más rápidamente que la pérdida de agua. Por lo tanto, la eficiencia del empleo de agua aumenta cuando se emplean variedades de alto rendimiento y raíces profundas, cultivadas con densidad y fertilización adecuada.

Sin embargo, aún en condiciones óptimas, se emplean de 200 a 500 unidades de agua para producir una unidad de materia seca. Esto se debe a que las estructuras fotosintetizantes, que permiten la entrada de grandes cantidades de bióxido de carbono, dejan salir grandes cantidades de vapor de agua. Por lo tanto, todas las especies difieren entre sí en su eficiencia del uso del agua.

Por las razones anteriormente descritas en el presente estudio se pretende determinar la eficiencia en el uso del agua de una de las especies forestales mas importantes del país (*Eucalyptus globulus*) en la etapa de pleno crecimiento en vivero. También, se compara a través de variables morfofisiológicas el crecimiento obtenido por las plantas.

II MATERIALES Y METODOS

2.1 Lugar de estudio.

En el presente estudio, la fase de establecimiento, se realizó en el invernadero de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción, campus Concepción y la de pleno crecimiento, a la intemperie.

2.2 Siembra.

La siembra se realizó el 30 de septiembre de 1999 previo pretratamiento de las semillas, el cual consistió en 24 hrs de remojo en agua; fueron desinfectadas contra hongos para lo cual se utilizó Pomarsol en dosis de 1 g por Kg de semilla. Una vez que estas fueron depositadas en los tubetes se procedió a cubrir las bandejas con plástico para acelerar el proceso de germinación.

2.3 Sustrato utilizado.

Como medio de crecimiento, se utilizó corteza de *Pinus radiata* D. Don, el que fue previamente esterilizado a una temperatura de 100 °C durante 24 hrs, luego fue harneado con un tamiz de 10 mm para el llenado del tubete y un tamiz de 2 mm para tapar la semilla.

2.4 Tipo de contenedor.

El contenedor utilizado corresponde al tubete "Ray Leach", de polietileno de alta densidad, puestos en una bandeja de poliestireno cuya capacidad es de 98 tubetes. Las características principales de estas son: diámetro superior 3.8 cm, largo 14 cm, volumen de 115 cm³, por cavidad.

2.5 Eficiencia en el Uso del Agua (EUA) .

El cálculo de la EUA se realizó a partir de la acumulación de la materia seca (MS) y del agua transpirada (T) de acuerdo a la siguiente expresión.

$$\text{EUA} = \frac{\text{mg de MS producida}}{\text{g de agua transpirada}}$$

2.6 Riego

En una primera etapa, el suministro de agua fue el necesario para obtener una rápida germinación, aplicándose cuatro riegos diarios. En la etapa siguiente, el riego fue aumentando de acuerdo a los requerimientos que presentaba la planta en ese estado, evitándose regar a las horas de máximo calor. Luego que las plantas alcanzaron el estado de pleno crecimiento se establecieron dos frecuencias de riego, cada 24 horas (tratamiento T1) y cada 48 horas (tratamiento T2), respectivamente; el suministro de agua fue vía jeringa hipodérmica. En esta etapa del ensayo, la cantidad de agua que se repuso a cada planta estuvo dada por la cantidad de agua transpirada por ésta y por la condición de humedad de capacidad de campo en el sustrato (Figura 1). El agua transpirada fue medida mediante el cambio de peso registrado en el contenedor. Para evitar pérdidas de agua por evaporación y, de esta manera poder medir sólo el agua transpirada por la planta, se cubrió con papel de aluminio la superficie del contenedor, con lo cual se evita la evaporación de agua desde el sustrato.

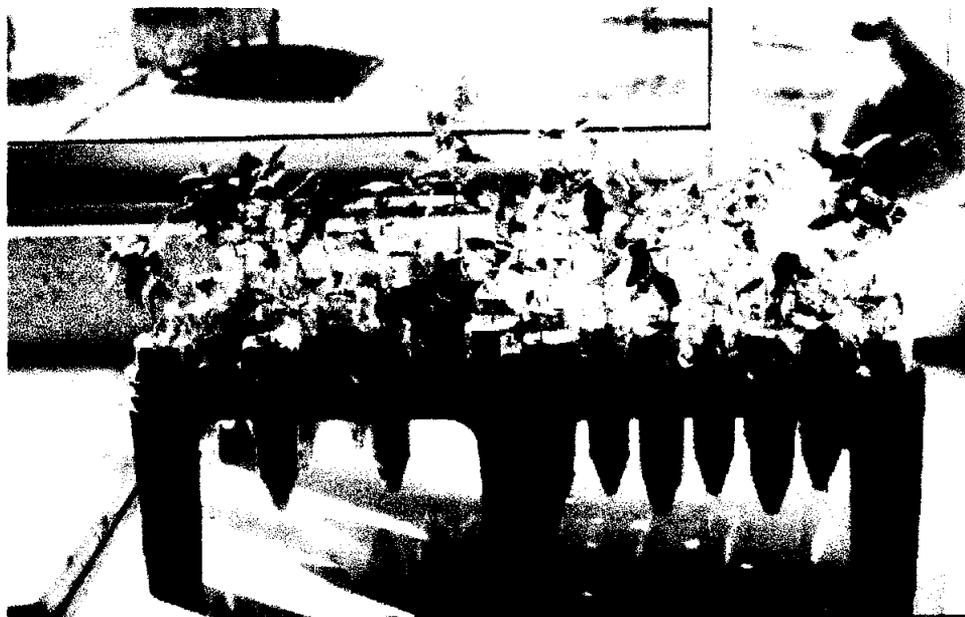


FIGURA 1. Forma de riego suministrado a las plantas durante el estudio.

2.7 Condiciones ambientales

En la etapa de establecimiento de las plantas (30 de septiembre al 15 de noviembre de 1999), el ambiente en el invernadero fue regulado por ventiladores y extractores. Los primeros estaban programados para abrir cuando la cámara del invernadero llegara a 25 °C; a su vez, los extractores entraban en funcionamiento al llegar la temperatura a los 30 °C. Posteriormente, en la etapa de pleno crecimiento (15 de noviembre de 1999 al 16 de enero del 2000), estas se llevaron fuera del invernadero, las condiciones climáticas fueron las normales para la época (Apéndice 2).

2.8 Fertilización

Las plantas fueron sometidas a un esquema de fertilización standard, el cual comenzó a realizarse a partir de la

séptima semana de transcurrida la siembra. La solución utilizada fue al 3% de nitrógeno, fósforo, potasio. Las aplicaciones fueron realizadas una vez por semana, mezcladas con el riego que correspondía a ese día.

2.9 Diseño experimental

El análisis estadístico del estudio se realizó en dos etapas.

2.9.1 Eficiencia en el uso del agua: Para esta etapa, se realizó un diseño completamente aleatorio. Se evaluó el tratamiento T1 el cual consiste en realizar el riego cada 24 horas y el tratamiento T2 que consiste en realizar el riego cada 48 horas, para ambos tratamientos la reposición del agua está dada por la pérdida de peso que sufre el contenedor.

2.9.2 Relación atributos morfofisiológicos: Para esta etapa del experimento se utilizó un diseño factorial con dos factores y en dos niveles cada uno.

El factor está dado por la frecuencia de riego cada 24 y 48 horas, respectivamente. En cada caso el nivel uno corresponde a riego hasta alcanzar en el sustrato la condición de humedad de capacidad de campo **(R/cc)** y en el nivel dos, a riego por pérdida de peso **(R/pp)**.

La unidad muestral, para ambas etapas, fue cada tubete. Las variables controladas y homogeneizadas para ambos ensayos fueron:

- Tipo contenedor
- Sustrato utilizado
- Fertilización
- Cantidad de luz
- Temperatura
- Distancia entre plantas
- Velocidad del viento
- Temperatura media
- Radiación solar
- Humedad relativa

2.10 Variables evaluadas

2.10.1 Variables Fisiológicas

2.10.1.1 Potencial hídrico. Se determinó a través de la cámara de presión Schölander marca Eijkelkamp el cual fue medido al momento de cosechar la planta, a las 10 AM durante todo el ensayo. Para la medición se cortaron muestras caulinarias de 5 cm medidos desde el ápice hacia la raíz. El procedimiento consiste en poner la muestra dentro de un cilindro cerrado, dejando la parte cortada del tallo expuesta a la presión atmosférica (Figura 2); luego se comienza a dar el paso al gas (nitrógeno) con lo cual se empieza a incrementar la presión al interior del cilindro. La presurización se detiene cuando se obscurecen los

tejidos conductores y aparece la primera gota de agua en el corte. En ese momento se registra el valor del potencial hídrico leyendo el manómetro de lectura.



FIGURA 2. Medición del potencial hídrico (Mpa) al momento de aparecer la primera gota de agua.

2.10.2 Variables Morfológicas

2.10.2.1 Altura de tallo: Se midió la distancia entre la base del tallo y el extremo del ápice de la planta, con precisión de 0.1 cm.

2.10.2.2 Diámetro de cuello: Se midió en la base del tallo, con un pie de metro digital marca MITUTOYO, con una precisión de 0.1 mm.

2.10.2.3 Estimación de peso fresco y peso seco: Para determinar la cantidad de materia seca que posee cada planta se cosecharon, cada diez días, diez plantas por

tratamiento. El pesaje se realizó en una balanza PRECISA 900C-300D (Figura 3), la cual tiene una precisión de 0.01 g. Al momento de la cosecha se obtuvo el peso fresco, para ello, la planta fue pesada en su totalidad y, posteriormente, se pesó por separado, raíz, tallo, hojas. Luego se depositaron los componentes individuales en bolsas de papel, previa identificación del tratamiento y del N° de la planta, se llevaron a un horno KOTTERMANN 2718, a 85 °C durante 6 horas, para proceder a su secado. Una vez cumplido este tiempo se procede a pesar separadamente, raíz, tallo y hojas, con lo cual se obtienen los pesos secos de las plantas muestreadas.



FIGURA 3. Estimación del peso fresco y peso seco.

2.10.2.4 Área foliar: Esta se determinó mediante la medición de la superficie de hojas verdes que poseía la planta al momento de ser cosechada. Para esto se utilizó un medidor de área foliar marca LI-3100, con precisión de 0.01 cm².



III RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Eficiencia en el uso del Agua.

La figura 4, muestra la evolución de la EUA durante el período de estudio. Durante los 60 días esta fue mayor en el tratamiento con reposición de agua cada 48 horas (T2), pero en ambos casos se puede apreciar que la curva sigue el mismo comportamiento, presentando un declive a medida que transcurre el tiempo de experimentación, el análisis estadístico señala que no se producen diferencias significativas entre tratamientos.

Los valores de EUA, luego de 60 días de estudio, en plantas de *Eucalyptus globulus* a raíz cubierta, con riego cada 24 horas y reposición de agua por pérdida de peso, es de 7,18 g de MS/kg de agua transpirada y para el tratamiento con riego cada 48 horas con reposición de agua a capacidad de campo es de 8,75 g de MS/kg de agua transpirada. Los resultados de la EUA avalan lo señalado por Silva (1992), Sotomayor y Zenteno (1984) e Izquierdo (1985), en lo referente a que la EUA es constante para diferentes condiciones hídricas, lo que da a este parámetro un alto valor predictivo en relación a la producción de materia seca.

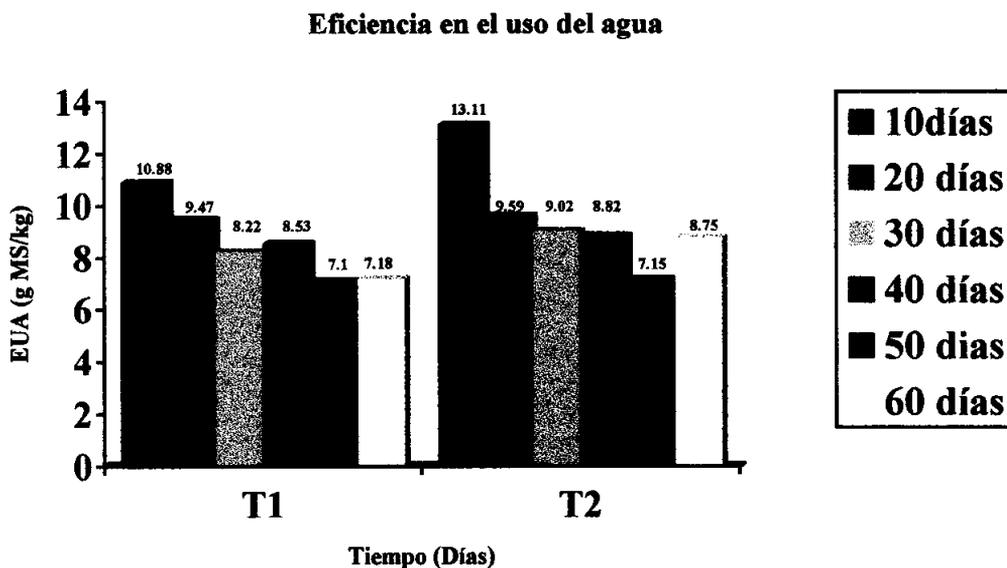


FIGURA 4. Eficiencia en el uso del agua (EUA) para tratamientos de riego cada 24 horas (T1) y 48 horas (T2) en función del tiempo, en plantas de *Eucalyptus globulus* Labbil durante el período de estudio.

3.2 Relación atributos morfofisiológicos.

3.2.1 Potencial hídrico. Los valores de la tabla 1, muestran que el potencial hídrico experimenta una disminución a medida que transcurre el tiempo de medición. Las diferencias más notorias se expresan entre los tratamientos que varían la cantidad de agua repuesta por pérdida de peso (R/pp). Del análisis estadístico (Apéndice 1) se desprende que hay efecto de la interacción de ambos factores. Además, se producen diferencias significativas dentro del tratamiento con reposición de agua a capacidad de campo.

TABLA 1. Potencial hídrico medido al inicio (T_0) y al final (T_f) del estudio en plantas de *Eucalyptus globulus*, con riego cada 24 y 48 horas y reposición de agua por pérdida de peso (R/pp) y capacidad de campo (R/cc).

Tratamiento	Potencial Hídrico (MPa)	
	T_0	T_f
R/pp 24 hrs	-0.66 a	-2.41 a
R/pp 48 hrs	-0.60 a	-2.21 a
R/cc 24 hrs	-0.66 a	-0.60 b
R/cc 48 hrs	-0.60 a	-1.17 c

En las columnas, valores con la misma letra no difieren significativamente. ($\alpha=0.05$) (Steel y Torrie, 1995).

Según Peña (1996), en plantas de *Pinus radiata*, los rangos de potencial hídrico normales para que una planta se encuentre en condiciones estándares en contenido de agua, son hasta -0.5 MPa, estableciendo, además, que valores inferiores a este afectarán el potencial de crecimiento radicular (PCR) y la supervivencia de la planta en terreno. Sin embargo, las plantas de *Eucalyptus globulus* presentan requerimientos mayores de agua.

3.2.2 Número de Hojas y Área foliar. Los resultados obtenidos en la tabla 2, muestran que plantas generadas bajo las mismas condiciones, pueden tener un desarrollo completamente diferente por el solo hecho de suministrarle una mayor cantidad de agua. Por una parte, las plantas con riego cada 24 y 48 horas y reposición de agua por pérdida de peso, no muestran un aumento de interés considerable en su número de hojas, en el tiempo. Lo contrario ocurre con el otro tratamiento en el cual se aprecia un aumento

significativo en esta variable. A partir, de la evaluación estadística realizada existen diferencias significativas en los tratamientos, tanto en la frecuencia de riego (TRAT), como en la cantidad de agua repuesta (RIEGO), (Apéndice 1).

TABLA 2. Número de hojas medido al inicio (T_0) y al final (T_f) del estudio en plantas de *Eucalyptus globulus*, con riego cada 24 y 48 horas y reposición de agua por pérdida de peso (R/pp) y capacidad de campo (R/cc).

Tratamiento	Número de Hojas	
	T_0	T_f
R/pp 24 hrs	8.00 a	9.10 a
R/pp 48 hrs	8.00 a	8.90 b
R/cc 24 hrs	8.00 a	13.90 c
R/cc 48 hrs	8.00 a	12.40 d

En las columnas, valores con la misma letra no difieren significativamente. ($\alpha=0.05$) (Steel y Torrie, 1995).

El mayor número de hojas del tratamiento R/cc 24 horas se relaciona directamente con el valor mayor de su potencial hídrico, situación que explicaría el menor número de hojas en los otros tratamientos.

Según Kramer (1963), a medida que la planta posee un menor abastecimiento hídrico, su tasa transpiratoria decrece debido a que no puede mantener el turgor necesario para el desarrollo adecuado de los distintos procesos que ocurren en ella. De este modo, se afectan tanto la división celular como la expansión celular, reduciéndose el área foliar, a través de la cual ocurre la transpiración. Esto podría explicar las diferencias obtenidas entre los diferentes

tratamientos evaluados, ya que en reposición de agua por pérdida de peso se ve afectada la división celular por la falta de turgencia en los tejidos de la planta; en cambio, en el riego con reposición de agua a capacidad de campo, se ve un notorio aumento en el desarrollo del follaje, permitiendo así un aumento en el área foliar producto de la mayor cantidad de agua disponible.

Para los resultados de la tabla 3 se puede ver el aumento considerable de área foliar obtenido por el tratamiento de riego cada 24 y 48 horas con reposición de agua a capacidad de campo, obteniendo un 32% y 23% más de área foliar respectivamente en comparación con el riego cada 24 y 48 horas y reposición de agua por pérdida de peso. Este resultado se relaciona con el mayor número de hojas obtenido por ambos tratamientos y sus respectivos valores de potencial hídrico. Por ello, queda de manifiesto que el factor limitante para el desarrollo de una masa foliar es el abastecimiento hídrico.

TABLA 3. Área foliar medido al inicio (T_0) y al final (T_f) del estudio en plantas de *Eucalyptus globulus*, con riego cada 24 y 48 horas y reposición de agua por pérdida de peso (R/pp) y capacidad de campo (R/cc).

Tratamiento	Área Foliar (cm ²)	
	T_0	T_f
R/pp 24 hrs	18.56 a	19.07 a
R/pp 48 hrs	16.92 a	22.02 a
R/cc 24 hrs	18.52 a	51.18 b
R/cc 48 hrs	16.92 a	45.31 b

En las columnas, valores con la misma letra no difieren significativamente. ($\alpha=0.05$) (Steel y Torrie, 1995).

Esto se puede comparar con lo expresado por Krieg (1983), citado por Hsiao (1990), quien señala que a medida que la planta posee una mayor disponibilidad de agua su tasa transpiratoria será mayor, debido a que no existen limitaciones hídricas y la planta estaría en un ambiente propicio para desarrollar en forma óptima su área foliar, a través de la cual ocurre la pérdida de agua vía transpiración. Por lo tanto, de acuerdo a esto, la disponibilidad de agua presente limita la formación de nuevas hojas y por ello el aumento del área foliar. Los resultados obtenidos avalan lo señalado por Stalfelt (1956a) citado por Kramer, (1974), quien señala que la planta al entrar a un grave déficit hídrico entrega como resultado la caída de las hojas, la reducción de la pérdida de agua y el enrollamiento de las hojas que se marchitan, esto reduce la superficie expuesta.

3.2.3 Diámetro de cuello. Los valores de la tabla 4, muestran que el tratamiento que obtiene mayor ganancia en diámetro de cuello es el que posee un riego cada 48 horas y reposición de agua a capacidad de campo. Este tratamiento obtiene un 69% más de diámetro que el tratamiento con riego cada 48 horas y reposición de agua por pérdida de peso.

TABLA 4. Diámetro de cuello medido al inicio (T_0) y al final (T_f) del estudio en plantas de *Eucalyptus globulus*, con riego cada 24 y 48 horas y reposición de agua por pérdida de peso (R/pp) y capacidad de campo (R/cc).

Tratamiento	Diámetro de Cuello (mm)	
	T_0	T_f
R/pp 24 hrs	1.23 a	1.54 a
R/pp 48 hrs	1.22 a	1.51 a
R/cc 24 hrs	1.23 a	1.92 b
R/cc 48 hrs	1.22 a	2.20 c

En las columnas, valores con la misma letra no difieren significativamente. ($\alpha=0.05$) (Steel y Torrie, 1995).

La respuesta a esta diferencia tan marcada entre los tratamientos de riego a capacidad de campo y reposición de agua por pérdida de peso, se puede explicar por lo señalado por Fuentealba (1993), quien indica que el crecimiento en diámetro depende, en gran medida, de la presencia de fotosintatos y es sensible a las condiciones ambientales, especialmente a la disponibilidad de agua. Además, Escobar (1994), señala que el diámetro de cuello de una planta producida en vivero es consecuencia de la densidad de cultivo, disponibilidad de agua, disponibilidad de nutrientes y de la edad. Además, indica el atributo morfológico más certero para predecir el comportamiento de

TABLA 5. Altura de tallo medida al inicio (T_0) y al final (T_f) del estudio en plantas de *Eucalyptus globulus*, con riego cada 24 y 48 horas y reposición de agua por pérdida de peso (R/pp) y capacidad de campo (R/cc).

Tratamiento	Altura de Tallo (cm)	
	T_0	T_f
R/pp 24 hrs	9.01 a	11.13 a
R/pp 48 hrs	8.72 a	11.76 b
R/cc 24 hrs	9.01 a	18.70 c
R/cc 48 hrs	8.72 a	17.40 d

En las columnas, valores con la misma letra no difieren significativamente. ($\alpha=0.05$) (Steel y Torrie, 1995).

Kramer (1963); Acevedo et al. (1971), citado por Olave (1988), señalan que el crecimiento vegetativo es dependiente del estado hídrico de las plantas, las que en condiciones de estrés pierden turgor, provocando la detención del proceso de elongación celular, lo que finalmente se traduce en plantas de menor tamaño. Esto vendría a explicar el estancamiento en crecimiento visto en las plantas del tratamiento cada 24 y 48 horas con reposición de agua por pérdida de peso. Así mismo, se observa una relación directa entre altura final de tallo y potencial hídrico (Tabla 1).

3.2.5 Peso seco total. Los valores de la tabla 6, muestran que el tratamiento con riego cada 24 horas y reposición de agua a capacidad de campo obtuvo un 40% más de biomasa total que el tratamiento con riego cada 24 horas y reposición de agua por pérdida de peso. Del análisis estadístico se desprende que no hay efecto de la

interacción entre frecuencia de riego/cantidad de agua repuesta, sólo hay diferencias significativas al comparar los tratamientos en la forma de reponer el agua transpirada por la planta (Apéndice 1). Nuevamente, el potencial hídrico de la planta explicaría los resultados obtenidos.

TABLA 6. Peso seco total medido al inicio (T_0) y al final (T_f) del estudio en plantas de *Eucalyptus globulus*, con riego cada 24 y 48 horas y reposición de agua por pérdida de peso (R/pp) y capacidad de campo (R/cc).

Tratamiento	Peso Seco Total (g)	
	T_0	T_f
R/pp 24 hrs	0.22 a	0.43 a
R/pp 48 hrs	0.20 a	0.49 a
R/cc 24 hrs	0.22 a	0.82 b
R/cc 48 hrs	0.20 a	0.79 b

En las columnas, valores con la misma letra no difieren significativamente ($\alpha=0.05$) (Steel y Torrie, 1995).

Estos resultados concuerdan con lo señalado por Fuentealba (1993), quien señala que la deficiencia de agua es suficiente para causar el cierre de los estomas, lo que conlleva a disminuir la fotosíntesis realizada por la planta, lo que traerá como consecuencia, la disminución en la producción de materia seca. Así mismo, Hsiao (1990), señala que la productividad de un cultivo y el uso del agua que este haga para la transpiración se encuentran íntimamente ligados. Así, la productividad es el resultado acumulativo de la asimilación fotosintética de CO_2 . Por lo tanto, al tener un valor bajo de área foliar implica que ocurra poca transpiración por parte de la planta y ello

podría explicar la obtención de una baja cantidad de biomasa total (Barceló, 1995). De acuerdo a esto, para llegar a determinar en forma exacta la cantidad de agua necesaria para que la planta no caiga en este problema más adelante, se podrían aumentar el número de tratamientos con lo cual se podrá hacer un seguimiento más exacto del comportamiento de la planta frente a diferentes cantidades de agua repuesta.

3.2.6 Peso fresco total. Los resultados de la tabla 7, muestran un mayor aumento obtenido por el tratamiento con riego cada 24 y 48 horas con reposición de agua a capacidad de campo. Mientras estos tratamientos duplican su peso fresco, los otros tratamientos con riego cada 24 y 48 horas con reposición de agua por pérdida de peso sólo logran aumentar unos pocos gramos. El análisis estadístico señala que hay efecto de la interacción entre frecuencia de riego y cantidad de agua repuesta, no presentando diferencias significativas el tratamiento con riego cada 24 y 48 horas con reposición de agua por pérdida de peso. Así mismo, los tratamientos con reposición de agua a capacidad de campo difieren entre ellos y a su vez, con los tratamientos de reposición de agua por pérdida de peso (Apéndice 1).

TABLA 7. Peso fresco total medido al inicio (T_0) y al final (T_f) del estudio en plantas de *Eucalyptus globulus*, con riego cada 24 y 48 horas y reposición de agua por pérdida de peso (R/pp) y capacidad de campo (R/cc).

Tratamiento	Peso Fresco Total (g)	
	T_0	T_f
R/pp 24 hrs	1.30 a	1.49 a
R/pp 48 hrs	1.05 a	1.60 a
R/cc 24 hrs	1.30 a	2.73 b
R/cc 48 hrs	1.05 a	3.23 c

En las columnas, valores con la misma letra no difieren significativamente. ($\alpha=0.05$) (Steel y Torrie, 1995).

Hsiao (1990), señala que debido a la naturaleza dinámica del balance hídrico en la planta, los efectos de los déficit en un cultivo dependen en gran medida de cuando ocurra el estrés, de su duración y de su severidad. A medida que la planta aumenta la masa, se produce un aumento de células parenquimáticas lo cual está directamente relacionado con el aumento del área fotosintética. Esto está también íntimamente relacionado con la cantidad de agua que se incorpore a la planta, ya que estas al estar sometidas a una mayor disponibilidad de agua responde de mejor manera.

IV CONCLUSIONES

- La EUA tiende a ser constante para la planta independiente del régimen hídrico a que sea sometida, esta tiende a disminuir su EUA con el tiempo.
- La reposición de agua a partir de la pérdida de peso por transpiración de la planta no es suficiente para satisfacer todas las demandas fisiológicas de ésta.
- No existen mayores diferencias en respuestas morfofisiológicas en plantas sometidas a dos frecuencias de riego 24 y 48 horas con reposición de agua por pérdida de peso ya que al final en ambos tratamientos se producen síntomas de marchitez.
- Desde el punto de vista de la productividad y el crecimiento, las mejores plantas se obtuvieron en los tratamientos que presentaban mayor disponibilidad de agua para la planta.

V RESUMEN

El crecimiento, productividad y eficiencia en el uso del agua (EUA) de *Eucalyptus globulus* Labbil, se evaluó bajo cuatro tratamientos hídricos, riego cada 24 y 48 horas y reposición de agua por pérdida de peso y riego cada 24 y 48 horas y reposición de agua o capacidad de campo.

Los cuatro tratamientos tuvieron una duración de 120 días, de los cuales 80 fueron al aire libre, en el invernadero de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción, campus Concepción. Para el estudio se trabajó con plantas de *Eucalyptus globulus*, producidas a partir de semillas en el mismo lugar donde se llevó a cabo la experiencia.

Luego de finalizado el estudio se determinó que la EUA para *Eucalyptus globulus* producido bajo las condiciones antes mencionadas en el estudio y con un riego cada 24 horas es de 7.18 g MS/kg de agua transpirada, para un riego cada 48 horas es de 8.75 g de MS/kg de agua transpirada.

Por otra parte se observó que *Eucalyptus globulus* presentó un menor crecimiento y productividad en los tratamientos con menor disponibilidad de agua.

VI SUMMARY

The growth, productivity and efficiency in the use of the water (EUA) of *Eucalyptus globulus* Labbil, was evaluated under four treatments hydric, irrigation each 24 and 48 hours and water reinstatement by loss of weight and irrigation each 24 and 48 hours and water or capacity reinstatement of field.

The four treatments had a duration of 120 days, of those which 80 were in the open air, in the greenhouse of the Forest Sciences Faculty of the Concepción University, campus Concepción. For the study was worked with plants of *Eucalyptus globulus*, produced as of seeds in the same place where was carried out the experience.

After ended the study was determined that the EUA for *Eucalyptus globulus* produced under the conditions before mentioned in the study and with an irrigation each 24 hours is of 7.18 g MS/kg of perspired water, for an irrigation each 48 hours is of 8.75 g of MS/kg of perspired water.

On the other hand it was observed that *Eucalyptus globulus* it presented a smaller growth and productivity in the treatments with smaller availability of water.

VII BIBLIOGRAFIA

- 1 **Barceló, J.; G. Nicolás; B. Sabater y R. Sánchez 1995.** Fisiología Vegetal. Pirámide S.A. Madrid, España. 662p.
- 2 **Bonner, J. y A. Galston 1959.** Principios de Fisiología vegetal. Ediciones Aguilar, España. 485p.
- 3 **Escobar, R. y M. Sánchez 1992.** Producción de Plantas Forestales: Algunos Aspectos. Bol. Ext.Nº51. Universidad de Concepción. Depto. Ciencias. For. Chillán, Chile.
- 4 **Escobar, R. 1994.** La planta ideal. Forestal MININCO y Fundación Chile (Eds), Actas exposición. Silvotecnica IV. Noviembre, 24-25, 199. Concepción, Chile.
- 5 **Fuentealba, E. 1993.** Respuesta de Kiwi (*Actinidia deliciosa ch var Hayward*) de cuatro años, sometidos a cuatro niveles de reposición de agua, bajo riego por goteo. Memoria de Título. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Universidad de Concepción, Chillán, Chile.
- 6 **Hsiao, C y E. Acevedo 1974.** Plant responses to water deficits, water use efficiency and drought resistance. Agric. Meteorol. 146: 59-84.

- 7 **Hsiao, T. 1990.** Curso internacional Manejo de Agua en Frutales, Chillán 3-6, Enero 1990, volumen 1, Facultad de Cs Agronómicas, Veterinarias y Forestales. Depto Ingeniería Agrícola, Universidad de Concepción.
- 8 **Izquierdo, A.1985.** Eficiencia en el uso del agua en tunas (*Opuntia ficus-indica L.Mill*). Tesis Lic. en Cs. Agrs. Fac. de Cs. Agrs. y For. Universidad de Chile Stgo.
- 9 **Kramer, P. 1963.** Water stress and plant growth. Agron. J. 55:31-35.
- 10 **Kramer, P. 1974.** Relaciones Hídricas de suelos y plantas. Una síntesis moderna centro regional de ayuda técnica. Agencia para el desarrollo internacional (A.I.D.) México. Pp. 1-538.
- 11 **Olave, F. 1988.** Eficiencia en el uso del agua (EUA) durante la etapa de vivero en plantas en maceta de *Eucaliptus globulus* (Lab) en la Región Metropolitana. Memoria de Título. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Escuela de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- 12 **Peña, I. 1996.** Potencial de crecimiento radicular de plantas de *Pinus radiata* D.Don con diferentes potenciales hídricos. Memoria de Título. Facultad

de Ciencias Forestales. Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

- 13 Ritchie, G. 1984.** Assessing Seedling Quality. Pp.243-259. En: Duryea, M. Y Landis, T. (Ed.). Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedling. Martinus Nighoft/Dr. W. Junk Publisher. The Hagus. Boston, Lancaste, USA.
- 14 Sánchez - Díaz, M. y J. Aguirreolea 1993.** Relaciones Hídricas. Pp. 49-90. En: Azcon - Bieto, J. Talon, M. 1993. Fisiología y Bioquímica Vegetal. Interamericana. McGraw - Hill. Madrid, España.
- 15 Schölander, P.; H. Hammel; E. Hemmingsen y E. Bradstreet 1964.** Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of mangroves and some other plants. Reprinted from the Proceedings of the National Academy of Sciences. 52(1):119-125.
- 16 Silva, H. 1992.** Acondicionamiento a la sequía, crecimiento y eficiencia en el uso del agua en *Atriplex rephanda Phil.* Tesis Magister; Biol. Stgo. Fac. de Ciencias. Universidad de Chile.
- 17 Statistical Analisis System. SAS Institute INC. 1993.** SAS/ETS User's guide, versión 6. Second Edition. CARY, NC: SAS Institute INC. USA.

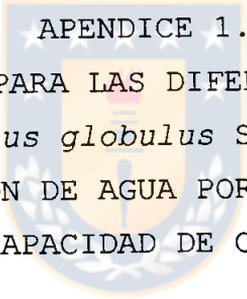
18 Steel, R., y J. Torrie 1995. Bioestadística: principios y procedimientos. McGraw-Hill. México D.F, México.

19 Sotomayor, D y V. Zenteno 1984. Adaptaciones a la economía del agua en *Prosopis tamarugo*(Phil). Tesis Lic. en Cs. Agrs. Vet. Y For. 113p.



VIII APENDICES





APENDICE 1.

ANALISIS DE VARIANZA PARA LAS DIFERENTES VARIABLES MEDIDAS
EN PLANTAS DE *Eucalyptus globulus* SOMETIDAS A RIEGO CADA 24
Y 48 HORAS Y REPOSICION DE AGUA POR PERDIDA DE PESO Y RIEGO
A CAPACIDAD DE CAMPO.

TABLA 1A. Análisis de varianza para el número de hojas medido a los 60 días de iniciado el estudio.

Fuente de variación	G.L.	Media de cuadrados	F calculado	Pr > F
TRATAMIENTO	1	7,2250	4,90	0,0333
RIEGO	1	172,2250	116,76	0,0001
TRAT*RIEG	1	4,2250	2,86	0,0992

(S.A.S, 1993)

TABLA 1B. Análisis de varianza para el potencial hídrico medido a los 60 días de iniciado el estudio.

Fuente de variación	G.L.	Media de cuadrados	F calculado	Pr > F
TRATAMIENTO	1	74,3380	9,69	0,0036
RIEGO	1	436,4584	56,89	0,0001
TRAT*RIEG	1	86,0542	11,22	0,0019

(S.A.S, 1993)

TABLA 1C. Análisis de varianza para el área foliar medido a los 60 días de iniciado el estudio.

Fuente de variación	G.L.	Media de cuadrados	F calculado	Pr > F
TRATAMIENTO	1	21,2722	0,52	0,4744
RIEGO	1	7672,1770	188,53	0,0001
TRAT*RIEG	1	194,0843	4,77	0,0356

(S.A.S, 1993)

TABLA 1D. Análisis de varianza para el diámetro de cuello medido a los 60 días de iniciado el estudio.

Fuente de variación	G.L.	Media de cuadrados	F calculado	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0,2295	9,01	0,00490
RIEGO	1	2,8143	110,50	0,0001
TRAT*RIEG	1	0,1525	5,99	0,0194

(S.A.S, 1993)

TABLA 1E. Análisis de varianza para la longitud de raíz medida a los 60 días de iniciado el estudio.

Fuente de variación	G.L.	Media de cuadrados	F calculado	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0,7562	2,42	0,1282
RIEGO	1	7,6562	24,55	0,0001
TRAT*RIEG	1	0,0722	0,23	0,6332

(S.A.S, 1993)

TABLA 1F. Análisis de varianza para la altura de tallo medida a los 60 días de iniciado el estudio.

Fuente de variación	G.L.	Media de cuadrados	F calculado	Pr > F
TRATAMIENTO	1	6,9722	5,85	0,0207
RIEGO	1	372,7102	312,87	0,0001
TRAT*RIEG	1	2,1622	1,82	0,1863

(S.A.S, 1993)

TABLA 1G. Análisis de varianza para el peso seco hojas medido a los 60 días de iniciado el estudio.

Fuente de variación	G.L.	Media de cuadrados	F calculado	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0,0036	0,67	0,4182
RIEGO	1	0,4928	91,56	0,0001
TRAT*RIEG	1	0,0084	1,56	0,2194

(S.A.S, 1993)

TABLA 1H. Análisis de varianza para el peso seco tallo medido a los 60 días de iniciado el estudio.

Fuente de variación	G.L.	Media de cuadrados	F calculado	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0,0004	0,55	0,4637
RIEGO	1	0,0783	101,68	0,0001
TRAT*RIEG	1	0,0030	3,98	0,0538

(S.A.S, 1993)

TABLA 1I. Análisis de varianza para el peso seco raíz medido a los 60 días de iniciado el estudio.

Fuente de variación	G.L.	Media de cuadrados	F calculado	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0,0184	8,49	0,0061
RIEGO	1	0,0152	6,98	0,0121
TRAT*RIEG	1	0,0000	0,02	0,8930

(S.A.S, 1993)

TABLA 1J. Análisis de varianza para el peso seco total medido a los 60 días de iniciado el estudio.

Fuente de variación	G.L.	Media de cuadrados	F calculado	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0,00306	0,25	0,6215
RIEGO	1	1,2215	98,90	0,0001
TRAT*RIEG	1	0,0235	1,90	0,1761

(S.A.S, 1993)

TABLA 1K. Análisis de varianza para el peso fresco hojas medido a los 60 días de iniciado el estudio.

Fuente de variación	G.L.	Media de cuadrados	F calculado	Pr > F
TRATAMIENTO	1	1,6524	145,91	0,0001
RIEGO	1	1,0272	90,70	0,0001
TRAT*RIEG	1	0,8732	77,10	0,0001

(S.A.S, 1993)

TABLA 1L. Análisis de varianza para el peso fresco tallo medido a los 60 días de iniciado el estudio.

Fuente de variación	G.L.	Media de cuadrados	F calculado	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0,0360	10,92	0,0022
RIEGO	1	0,6002	182,05	0,0001
TRAT*RIEG	1	0,0102	3,11	0,0865

(S.A.S, 1993)

TABLA 1M. Análisis de varianza para el peso fresco raíz medido a los 60 días de iniciado el estudio.

Fuente de variación	G.L.	Media de cuadrados	F calculado	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0,01369	0,28	0,6009
RIEGO	1	7,9032	160,77	0,0001
TRAT*RIEG	1	0,0624	1,27	0,2673

(S.A.S, 1993)

TABLA 1N. Análisis de varianza para el peso fresco total medido a los 60 días de iniciado el estudio.

Fuente de variación	G.L.	Media de cuadrados	F calculado	Pr > F
TRATAMIENTO	1	0,9120	10,99	0,0021
RIEGO	1	20,5922	248,17	0,0001
TRAT*RIEG	1	0,3686	4,44	0,0421

(S.A.S, 1993)



APÉNDICE 2.
CONDICIONES CLIMATICAS EN LAS CUALES SE LLEVO A CABO EL
ESTUDIO.

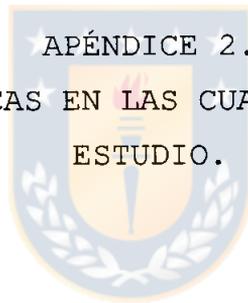


TABLA 2A. Condiciones climáticas durante el mes de Octubre de 1999.

Octubre 1999								
Día	TEMPERATURAS (°C)			NUBOSIDAD MED	H.RELATIVA (%) MED	VIENTO (Velocidad) (km/hr)		
	MAX	MIN	MED			08 Horas	14 Horas	20 Horas
1	15,6	10,4	11,7	5,7	84	12	4	0
2	22,0	6,8	14,6	0,0	65	22	24	18
3	22,0	10,8	14,5	5,0	85	12	14	10
4	16,6	10,0	13,4	5,3	83	10	20	8
5	16,2	11,4	12,6	6,3	87	0	10	0
6	17,4	6,2	11,8	0,0	71	2	16	12
7	17,8	5,4	11,4	2,7	83	2	10	0
8	18,2	5,6	10,8	4,7	86	0	4	2
9	16,0	8,8	12,4	7,7	84	0	6	4
10	17,4	11,2	13,5	4,0	83	6	10	0
11	16,2	7,6	11,5	6,0	86	0	6	4
12	16,4	6,6	11,4	2,3	77	0	16	2
13	18,2	6,6	12,4	0,0	66	8	18	4
14	17,6	5,4	11,5	0,0	76	0	18	12
15	18,6	5,4	12,2	0,0	69	4	22	10
16	17,8	2,6	10,2	0,0	77	0	14	8
17	19,2	3,6	11,7	0,0	76	8	14	0
18	19,8	6,4	13,1	1,3	81	0	4	10
19	14,4	11,8	13,1	7,3	91	0	4	0
20	21,8	8,4	15,0	0,7	73	12	20	2
21	29,8	9,6	19,3	1,3	58	4	18	0
22	15,8	12,8	14,2	8,0	91	12	6	0
23	17,4	14,0	14,7	8,0	93	0	4	8
24	17,8	12,4	13,9	5,3	91	6	16	6
25	15,0	11,4	12,6	8,0	90	4	8	4
26	15,4	11,2	12,4	7,0	85	4	10	0
27	16,8	6,8	11,7	2,3	65	2	20	16
28	18,4	4,6	12,3	3,3	61	4	20	6
29	18,6	4,0	10,9	3,0	77	0	10	0
30	18,8	7,6	12,8	2,3	84	0	26	0
31	15,4	8,0	12,2	7,7	87	8	12	12

TABLA 2B. Condiciones climáticas durante el mes de
Noviembre de 1999.

Noviembre 1999								
Día	TEMPERATURAS (°C)			NUBOSIDAD MED	H.RELATIVA (%) MED	VIENTO (Velocidad) (km/hr)		
	MAX	MIN	MED			08 Horas	14 Horas	20 Horas
1	17,4	12,4	13,8	4,0	83	2	14	0
2	19,2	9,2	14,0	5,7	73	0	20	12
3	19,4	4,2	12,1	0,0	68	0	20	16
4	18,2	5,0	12,5	0,7	75	2	18	6
5	19,0	12,8	15,4	6,7	86	8	14	0
6	18,6	12,4	14,5	1,3	64	14	20	16
7	20,8	4,8	13,2	0,0	55	8	20	2
8	27,4	12,0	20,0	0,0	49	18	30	14
9	25,4	12,2	17,7	2,0	67	4	10	6
10	18,2	11,2	14,0	5,3	82	0	10	6
11	22,0	7,6	15,2	5,0	75	4	12	10
12	21,6	5,0	13,6	0,7	69	6	12	0
13	21,6	5,4	13,9	2,3	67	0	14	4
14	19,6	13,6	16,2	7,7	83	4	8	4
15	20,6	14,8	16,7	3,3	83	14	14	2
16	23,0	9,8	16,6	0,0	65	4	12	4
17	19,6	8,4	14,1	1,7	79	0	12	16
18	22,4	6,8	15,1	0,0	60	0	18	10
19	23,2	6,4	15,8	0,3	64	0	20	4
20	21,4	6,4	14,5	3,3	75	2	14	16
21	18,8	8,0	13,9	6,3	77	16	8	2
22	20,4	7,4	14,1	0,0	80	4	12	8
23	20,6	7,0	14,9	3,0	75	4	10	6
24	21,8	7,4	15,2	0,0	74	0	16	10
25	21,4	8,4	15,6	0,0	67	6	16	10
26	23,8	7,2	16,3	0,0	64	4	10	4
27	20,4	10,0	15,9	0,0	72	10	18	10
28	24,0	8,8	17,5	1,0	71	4	18	12
29	19,8	13,8	16,7	6,3	83	2	6	4
30	20,4	13,2	16,3	2,7	86	8	18	8

TABLA 2C. Condiciones climáticas durante el mes de Diciembre de 1999.

Diciembre 1999								
Día	TEMPERATURAS (°C)			NUBOSIDAD MED	H.RELATIVA (%) MED	VIENTO (Velocidad) (km/hr)		
	MAX	MIN	MED			08 Horas	14 Horas	20 Horas
1	22,0	10,4	16,2	0,0	74	4	10	6
2	24,4	10,4	17,4	0,0	66	8	20	14
3	22,0	8,8	15,4	1,7	75	16	18	16
4	19,0	10,8	14,7	1,3	60	22	22	16
5	20,4	6,6	13,6	0,0	54	2	24	12
6	19,8	3,2	12,2	0,0	57	6	20	10
7	21,0	5,2	13,7	0,0	63	6	24	12
8	23,4	6,6	15,7	2,7	57	6	20	0
9	22,8	8,6	15,5	0,3	67	0	16	12
10	20,0	7,0	13,8	3,0	78	6	12	12
11	25,4	9,0	16,4	2,0	75	6	8	6
12	23,4	10,4	17,7	3,7	73	2	14	18
13	24,0	10,6	17,1	0,7	67	2	24	16
14	21,4	7,2	14,8	1,3	66	2	24	14
15	23,0	8,4	16,5	0,7	64	6	20	8
16	20,2	9,8	15,7	4,7	81	12	18	14
17	16,8	14,2	15,0	8,0	98	0	0	0
18	20,8	13,0	16,0	3,0	74	4	6	10
19	24,0	9,6	17,1	2,0	65	0	16	6
20	23,8	8,2	16,6	0,0	59	2	10	6
21	22,8	7,4	15,6	0,0	66	2	20	14
22	22,8	6,8	14,8	0,3	70	8	18	16
23	20,2	10,4	14,8	3,0	65	0	20	14
24	21,4	6,4	15,1	0,0	71	0	16	6
25	23,6	7,8	17,0	2,7	87	0	10	4
26	23,6	14,4	18,9	2,7	74	2	14	20
27	24,2	10,8	17,7	0,0	62	8	18	14
28	21,2	7,2	15,0	1,0	72	0	10	2
29	22,6	13,4	17,2	2,7	70	6	14	10
30	24,2	8,0	16,5	0,3	54	2	20	8
31	24,4	6,4	16,5	0,0	61		16	8

TABLA 2D. Condiciones climáticas durante el mes de Enero del 2000.

Enero 2000								
Día	TEMPERATURAS (°C)			NUBOSIDAD MED	H.RELATIVA (%) MED	VIENTO (Velocidad) (km/hr)		
	MAX	MIN	MED			08 Horas	14 Horas	20 Horas
1	20,4	9,6	14,3	5,7	82	4	12	12
2	22,2	11,0	16,0	0,0	80	2	12	4
3	21,8	10,0	15,7	3,0	79	0	12	6
4	25,2	10,4	18,3	0,0	71	0	22	10
5	21,2	8,0	15,0	0,3	60	2	20	14
6	21,4	5,8	14,3	0,7	62	6	12	8

