

NOTA TECNICA

## Desarrollo de una plantación de *Eucalyptus globulus* establecida en primavera con diferentes tratamientos de riego

Development of a *Eucalyptus globulus* plantation established in spring using different irrigation treatments

ROMULO SANTELICES

Universidad Católica del Maule, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Departamento de Ciencias Forestales. Casilla 617, Talca, Chile. E-mail: rsanteli@hualo.ucm.cl

### SUMMARY

The effect of irrigation on the development of a *Eucalyptus globulus* Labill plantation in spring was evaluated. The influence of irrigating at the time of plantation with two and three liters of water and again during the critical period with zero to two liters of water was analyzed using a 2\*2 factorial design. The study was carried out in the coastal zone of central Chile. The seedlings were planted during the Spring of 1993 (October). During this period the soil temperature reached 13.5°C at 10 cm depth. The critical period was defined as the time of highest aridity levels (January). Two months prior to planting a furrow 5 cm deep and 60 cm wide was made over the plantation row with an animal drawn plough to control weeds. The seedlings used were 1/0, produced in containers with an average root collar diameter of 0.14 cm and an average height of 12 cm. Before planting, a hydrogel was incorporated into the soil in a water based solution at a rate of 1 gram per plant. The seedlings were also fertilized with N, P and K, and a mulch was placed around every seedling. The results obtained after one rotation indicate plants should be irrigated with two liters of water at the time of planting. Average seedling survival after 8 years was 70%. Mean tree size was 16.2 cm for diameter (DBH) and 19.7 m in height, with a 28 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> per year increase in volume.

*Key words:* *Eucalyptus globulus*; plantation; irrigation; spring; low-impact environmental treatments.

### RESUMEN

Se evalúa el efecto que tiene el riego en el desarrollo de una plantación de *Eucalyptus globulus* Labill realizada en primavera. Por medio de un experimento factorial 2\*2, se analizaron dos dosis al momento de efectuar la plantación (2 y 3 litros por planta) y otras dos en un período considerado crítico (0 y 2 litros por planta). El ensayo se realizó en la zona costera de la Séptima Región de Chile. La plantación se efectuó en la primavera de 1993 (octubre), cuando el suelo tenía una temperatura del orden de 13,5°C. Se consideró como período crítico el mes con mayor índice de aridez (enero). Dos meses antes de efectuar la plantación se realizó un surco de 5 cm de profundidad en el suelo, por medio de un arado tirado por bueyes, pudiéndose con ello controlar la aparición de malezas. Las plantas utilizadas tenían un año de edad, fueron producidas en macetas y en promedio tenían 0,14 cm de diámetro de cuello y 12 cm de altura. Previo a la plantación, se incorporó al suelo 1 g por planta de un hidrocaptador que fue mezclado con agua. Se efectuó, además, una fertilización de apoyo y se colocó un *mulch* alrededor de cada planta. Se recomienda regar este tipo de plantaciones con dos litros de agua al momento de efectuarlas. Después de ocho años, la sobrevivencia media alcanzada fue de un 70%. Los crecimientos medios registrados fueron de 16,2 cm en DAP, 19,7 m en altura y 28 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> por año.

*Palabras clave:* *Eucalyptus globulus*; plantación; riego; primavera; bajo impacto ambiental.

## INTRODUCCION

Los *Eucalyptus* son especies que suscitan gran interés para la forestación en diferentes partes del mundo, siendo *E. globulus* la especie de este género más ampliamente plantada en las regiones de clima mediterráneo (1). Esto se debe, principalmente, a que se distribuyen en una amplia gama de climas y suelos, a sus buenas aptitudes para la fabricación de papel de calidad y a su rápido crecimiento.

En Chile, la mayor parte de las plantaciones con *Eucalyptus* se ha realizado en terrenos de aptitud forestal, incluyendo aquellos que se encuentran desgastados y erosionados producto del prolongado mal uso que se les dio en la agricultura. Por la alta rentabilidad de su cultivo, también se ha forestado en algunos suelos agrícolas en la Depresión Intermedia. En diciembre de 2000 había en Chile 358.616 ha plantadas con especies del género *Eucalyptus*, es decir, 16.201 ha más que el año anterior (2, 3).

El *E. globulus* es la especie del género que concita más interés y como consecuencia de ello se tiene la mayor superficie de plantaciones, desde la Quinta hasta la Décima Región. Gracias a su rápido crecimiento, se han realizado numerosas investigaciones cuyos resultados se ven reflejados en la práctica de una silvicultura muy intensiva, sobre todo en el establecimiento de plantaciones.

Con un manejo silvícola intensivo, utilizando el método de plantación conocido como SIPCO (Sistema Integral de Plantaciones Coordinadas), desarrollado en la empresa Agrícola y Forestal Monte Aguila S.A., se han observado en la Región del Bío Bío (Zona Centro Sur de Chile), después de un año, crecimientos medios en altura de 1 cm diario y un 99% de sobrevivencia. En este caso, la plantación se efectuó en el mes de diciembre (fines de la primavera y comienzos del verano) y para su establecimiento fueron considerados factores como el riego, el control de la competencia y la fertilización (4).

Con la implementación del método SIPCO, se han superado los crecimientos obtenidos bajo condiciones de una silvicultura más bien extensiva, con la que se han registrado incrementos medios anuales de hasta 44 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> en el sur de la zona costera de la Región del Bío Bío (5).

El éxito de las plantaciones primaverales se basa en la mayor temperatura que tiene el suelo

en esa época, al compararlo con el otoño o el invierno, lo que permite a las raíces de las plantas tener un desarrollo más rápido, situación que finalmente también se manifiesta en la biomasa aérea.

Diversos estudios indican que el nivel de temperatura mínimo para la formación de nuevas raíces y para el crecimiento de las existentes es variable. Para *Pinus ponderosa* C. Lawson en California, la mínima es alrededor de los 10°C (6); en cambio, para otras especies de zonas templadas como *Picea abies* (L.) H. Karst y *Larix decidua* Mill., el óptimo está entre los 20 y 25°C (7).

Junto con aumentar la temperatura en primavera, también se produce un descenso en la humedad disponible, es decir, en la porción de agua del suelo que está en condiciones de ser absorbida por las plantas en desarrollo (6). Es por ello que, necesariamente, debe considerarse el riego como un factor indispensable. En las plantaciones de la Región del Bío Bío, para asegurar el crecimiento y la sobrevivencia antes mencionados es suficiente regar con un litro de agua por planta junto con la aplicación de un hidrocapturador en forma de gel.

No se tienen conocimientos de los requerimientos de riego para la zona mesomórfica de Chile. Comparativamente en la Región del Maule se registran en primavera y verano temperaturas más altas que en la Región del Bío Bío y un período seco muy marcado en el cual raramente hay precipitaciones, incluso hasta por más de cinco meses. Por esta razón, y también producto de la mayor evapotranspiración, podría ser necesario al efectuar plantaciones en primavera, aumentar la frecuencia y la cantidad de agua en el riego.

A través de esta investigación se evalúa una técnica de establecimiento que pueda ser orientada a propietarios que no posean grandes recursos económicos, preferentemente de pequeños predios (muchos con suelos descubiertos, desgastados y erosionados), que sea de fácil aplicación, de bajo impacto ambiental y que permita obtener tasas de crecimientos para trabajar con rotaciones cortas. Para ello se analiza, después de una rotación de ocho años, la influencia del riego en la sobrevivencia y desarrollo de una plantación de *E. globulus* realizada en primavera en la zona costera de la comuna de Constitución, en la zona central de Chile.

## MATERIAL Y METODO

El ensayo se instaló a mediados de octubre de 1993 en el predio Costa Azul, de propiedad de la Universidad Católica del Maule, que se encuentra ubicado en la zona costera de la Comuna de Constitución en la zona mesomórfica de Chile (35°21' de latitud sur y 72°26' de longitud oeste).

### CARACTERISTICAS CLIMATICAS DEL LUGAR DEL ENSAYO

El área se caracteriza por presentar entre los meses de junio y agosto, época en la que habitualmente se efectúan las plantaciones forestales, temperaturas medias alrededor de 9,5°C y la más alta concentración de la pluviometría (75%) (8). En esas condiciones las plantas se ven favorecidas por la disponibilidad de humedad, pero no por la temperatura que, en este caso, es el factor climático limitante para el crecimiento.

En el mes de octubre, período en el cual se instaló el ensayo, los valores medios de la temperatura y la precipitación son de 13,5°C y 48,87 mm, respectivamente (8). En esta época de primavera, y contrariamente a lo que sucede en invierno, las plantas disponen de una temperatura adecuada para su desarrollo, pero tienen como factor limitante la baja disponibilidad de humedad. En el lapso transcurrido desde la instalación hasta la primera evaluación del ensayo (mayo del año siguiente), no se presentaron precipitaciones en la zona.

### DISEÑO EXPERIMENTAL

El ensayo se planteó con un arreglo factorial y un diseño en bloques completamente aleatorizados de 2\*2. Se efectuaron cuatro repeticiones y la unidad experimental estuvo compuesta por una parcela de 16 plantas dispuestas en una hilera. La densidad de plantación establecida fue de 1.667 plantas por hectárea con un marco de 2\*3 m.

Los factores analizados y sus respectivos niveles fueron los siguientes:

Riego al momento de efectuar la plantación (A):

- a<sub>1</sub>:2 litros de agua
- a<sub>2</sub>:3 litros de agua

Riego en un período crítico (B):

- b<sub>1</sub>:0 litros de agua
- b<sub>2</sub>:2 litros de agua

El modelo estadístico propuesto fue el siguiente (9):

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \delta_k + \varepsilon_{ijk} \quad [1]$$

Con i = 1 y 2 dosis de riego al momento de efectuar la plantación.

j = 1 y 2 dosis de riego en un período crítico.

k = 1, 2, 3 y 4 bloques.

donde:

Y<sub>ijk</sub> : es la k-ésima observación de la respuesta al tratamiento

μ : media global

α<sub>i</sub> : efecto del factor (A)

β<sub>j</sub> : efecto del factor (B)

(αβ)<sub>ij</sub>: interacción entre los factores (A\*B)

δ<sub>k</sub> : efecto de los bloques (C)

ε<sub>ijk</sub> : error compuesto por las interacciones (A\*C), (B\*C) y (A\*B\*C).

En las plantaciones primaverales de la Región del Bío Bío es indispensable regar por lo menos con un litro de agua por planta para obtener las tasas de crecimiento y sobrevivencia antes mencionadas. Tomando en cuenta que en la Región del Maule las condiciones climáticas en ese período son más críticas, por presentarse mayores temperaturas y menores precipitaciones, se optó por regar como mínimo con dos litros de agua por planta.

Se consideró como período crítico a mediados del mes de enero, por presentar el mayor índice de aridez (8).

De acuerdo al diseño, al momento del establecimiento se regó la mitad de las plantas con dos litros de agua y la otra mitad con tres litros. En el período crítico sólo se regó la mitad del ensayo.

*Instalación del ensayo:* El ensayo fue instalado durante la tercera semana del mes de octubre de 1993, cuando el suelo tenía una temperatura media, al nivel de las raíces de las plantas, del orden de los 13,5° C.

Las plantas utilizadas fueron del tipo 1/0, producidas en macetas en bolsas de plástico, y en promedio tenían 0,14 cm de diámetro de cuello y 12 cm de altura. No se dispuso de plantas espe-

cialmente preparadas para el ensayo, por lo cual se usaron algunas remanentes de las plantaciones efectuadas en el invierno anterior.

Dos meses antes de efectuar la plantación se realizaron surcos en el suelo de aproximadamente 5 cm de profundidad y 40 cm de ancho, por medio de un arado de vertedera. Con ello se delimitaron las líneas de plantación, se pudo controlar la aparición de malezas y se dejó el suelo más suelto para facilitar la posterior faena de plantación. El surco es un tratamiento que ha resultado fundamental para lograr una buena sobrevivencia y desarrollo de las plantas de *E. globulus* en la zona semiárida de Chile (10).

Al momento de establecer la plantación, se realizó una casilla de 30\*30 cm y 20 cm de profundidad. Posteriormente, al centro de ella se efectuó un microcultivo del suelo consistente en un hoyo de un volumen algo mayor que el de las raíces. Después se aplicó 1 g/planta de hidrogel de nombre comercial Viterra, el que fue repartido homogéneamente en el hoyo y luego mezclado en el suelo con medio litro de agua, formando una solución barrosa. Inmediatamente después se colocó en esta solución una planta, procurando que se produjera rápidamente una fuerte unión entre el suelo y las raíces. Luego se aplicó la diferencia de agua de acuerdo a los tratamientos establecidos, incorporándola al suelo lentamente. El ensayo se instaló inmerso en una plantación con la misma especie, lo que ayudó a evitar el efecto borde.

Después de la plantación, se efectuó una fertilización de apoyo con 21,7 g de superfosfato triple (4,4 g de P) y 56 g de salitre potásico (8,4 g de N y 6,5 g de K), en tres hoyos equidistantes a 15 cm de cada planta. Además, se colocó un *mulch* de plástico negro de 70\*90 cm (con bolsas para depositar basura), el que fue cubierto con tierra para evitar su prematura degradación.

El riego en el período crítico, con dos litros de agua por planta, se realizó a mediados del mes de enero de 1994. La incorporación del agua al suelo se realizó de una sola vez en forma gradual.

El desarrollo de la plantación fue evaluado midiendo a todas las plantas la altura total y el diámetro de cuello a 2 cm del suelo. Ello se realizó por primera vez a mediados de mayo de 1994 y luego en la misma época en 1995. Posteriormente, en los años 1998 y 2001, siempre en el mes de mayo, se registraron las variables diámetro a la altura del pecho y la altura total. Además,

en todas las temporadas se contabilizaron las plantas para determinar la tasa de sobrevivencia.

Al final de la rotación se proyectó el rendimiento de la plantación. Para ello se estimó el volumen de cada árbol a los ocho años de edad, combinando las variables diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura (H) de los árboles en la siguiente fórmula (11):

$$\bullet \text{ Volumen} = 0,0442 + 0,000032132 * \text{DAP}^2 * \text{H} \quad [2]$$

En la fórmula el DAP se incorpora en cm y H en m, para así obtener el volumen en metros cúbicos sólidos sin corteza ( $\text{m}^3\text{ssc}$ ).

Sumando los volúmenes individuales en cada parcela y combinando este valor con la densidad final, se obtuvo el rendimiento de la plantación por tratamiento.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Al no encontrarse diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) en la interacción de los factores estudiados, riego al momento de efectuar la plantación y riego en un período crítico, el análisis de ellos se realizó en forma individual.

*Sobrevivencia:* A la fecha, para el área de estudio no existen experiencias documentadas de plantaciones efectuadas en primavera. Sin embargo, considerando la disponibilidad total de humedad, el establecimiento de plantaciones está restringido sólo al período de otoño e invierno. La experiencia indica que sin riego la mortalidad es total en primavera.

Al evaluar la sobrevivencia de las plantas del ensayo no se encontraron efectos estadísticamente significativos de los factores analizados (cuadro 1).

La tasa de sobrevivencia alcanzada durante la primera temporada, en promedio un 95%, indica que la cantidad de agua con la cual se regó fue suficiente, considerando que en el lugar donde se instaló el ensayo no se registraron precipitaciones en primavera y verano.

Sin el riego suplementario en el período crítico se obtiene una tasa de sobrevivencia similar al tratamiento con riego, lo que permite recomendar prescindir de este tratamiento, pudiéndose así disminuir el costo de establecimiento.

Es probable que al reducir la dosis de riego en el establecimiento, por ejemplo a 1 litro por plan-

CUADRO 1

Sobrevivencia de una plantación de *Eucalyptus globulus* Labill establecida en primavera con diferentes tratamientos de riego.

Survival of a *Eucalyptus globulus* Labill plantation established in spring using different irrigation treatments.

Tratamiento	Sobrevivencia (%)			
	1994	1995	1998	2001
Riego durante el establecimiento:				
• 2 litros de agua	97	90	80	67
• 3 litros de agua	93	88	84	73
Riego durante el período crítico:				
• 0 litros de agua	96	90	79	74
• 2 litros de agua	94	87	86	66

ta como se usa en áreas con mayores niveles de pluviometría como es la Región del Bío Bío, se puedan obtener resultados similares. En consecuencia, sería recomendable probar otras dosis hasta llegar al nivel mínimo requerido por las plantas, sin que se afecte la sobrevivencia, y de esta forma también disminuir el costo de la plantación.

Durante la primera temporada el 70% de las plantas fue atacado por el insecto *Tettigades sp.*, conocido corrientemente como chicharra, lo que se manifestó en un daño entre la corteza y la zona cambial del tallo. Esto no sólo pudo afectar la sobrevivencia al inicio, sino que probablemente también en los años siguientes, lo que explicaría el aumento de la mortalidad; ocho años después de establecida la plantación en promedio se registra un 70% de sobrevivencia, lo que es aceptable para las condiciones en que se trabajó y los objetivos planteados. En otras condiciones, y aunque es difícil estimar su cuantificación, con la ausencia del insecto podrían obtenerse tasas más altas.

Las malezas son muy eficientes en la competencia por agua, luz y nutrientes, sobre todo en los períodos críticos del balance hídrico. Esto trae consigo un efecto negativo en la sobrevivencia y crecimiento de los cultivos (12). *E. globulus* es una especie particularmente sensible a la interferencia ejercida por las malezas (13), sobre todo en los meses posteriores al establecimiento de la plantación. Al analizar la tasa de sobrevivencia

obtenida durante el primer y segundo año, se puede pensar que con la aradura del suelo y con la instalación del *mulch* de plástico negro se produjo un adecuado control de ellas. Esto se refuerza con lo observado en terreno, ya que bajo el *mulch* no hubo crecimiento de malezas, las que sí se presentaron entre las hileras de plantación.

*Crecimiento:* No hubo diferencias estadísticamente significativas en el crecimiento diametral de las plantas durante todo el estudio (cuadro 2).

A pesar de que las plantas utilizadas en el ensayo no eran de la mejor calidad (fueron aquellas remanentes de la plantación del invierno anterior), tuvieron un incremento diametral muy acelerado. Después de ocho temporadas tuvieron incremento promedio de 2 cm por año. Sin embargo, debe recordarse que la plantación fue atacada por un insecto que no sólo incidió en la sobrevivencia, sino que también en el crecimiento de las plantas.

Cerca de un 50% de las plantas sobrepasó el límite de los 20 cm de DAP, llegando a tener un incremento diametral medio anual equivalente a

CUADRO 2

Crecimiento diametral de una plantación de *Eucalyptus globulus* Labill establecida en primavera con diferentes tratamientos de riego.

Diameter growth of a *Eucalyptus globulus* Labill plantation established in spring using different irrigation treatments.

Tratamiento	Diámetro (cm)				
	1993 <sup>1</sup>	1994 <sup>1</sup>	1995 <sup>1</sup>	1998 <sup>2</sup>	2001 <sup>2</sup>
Riego durante el establecimiento:					
• 2 litros de agua	0,14	1,13	4,0	9,5	16,2
• 3 litros de agua	0,14	1,18	4,2	9,4	16,1
Riego durante el período crítico:					
• 0 litros de agua	0,14	1,13	4,0	9,1	16,3
• 2 litros de agua	0,14	1,18	4,2	9,7	16,0

1= Diámetro de cuello (DAC)

2= Diámetro a la altura del pecho (DAP)

2,5 cm. Es muy probable que al trabajar con plantas que se hayan acondicionado en mejor forma en el vivero los resultados obtenidos sean superados.

Como en toda la rotación no se presentaron diferencias estadísticamente significativas en el crecimiento en diámetro, sería suficiente regar con sólo dos litros de agua por planta para asegurar un crecimiento similar al de los otros tratamientos. De esta forma se incurriría en un menor costo de operación, ya que se necesitaría menor cantidad de agua a transportar y no sería necesario volver a regar en el período crítico.

En la altura de las plantas tampoco se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos probados (cuadro 3).

Después de la plantación, pasaron siete meses antes de evaluar el desarrollo del ensayo durante el período de receso vegetativo. En este lapso, las plantas llegaron a tener casi 80 cm de altura, lo que significa que tuvieron un incremento promedio de 5,6 veces.

Como era de esperar, este crecimiento no se mantuvo en los períodos siguientes, pero la plantación logró después de ocho temporadas casi 20 m de altura, lo que significa un crecimiento medio anual cercano a los 2,5 m en altura, que es muy bueno para la zona. Al analizar el crecimiento de las plantas que tuvieron un DAP superior a los 10 cm, el incremento medio en altura fue de 2,7 m, lo que refuerza la hipótesis de que con plantas de mejor calidad los resultados deberían ser mejores.

### CUADRO 3

Crecimiento en altura de una plantación de *Eucalyptus globulus* Labill establecida en primavera con diferentes tratamientos de riego.

Height growth of a *Eucalyptus globulus* Labill plantation established in spring using different irrigation treatments.

Tratamiento	Altura (cm)				
	1993	1994	1995	1998	2001
Riego durante el establecimiento:					
• 2 litros de agua	11,7	79,8	299,3	1.204	1.990
• 3 litros de agua	12,3	78,6	306,2	1.168	1.950
Riego durante el período crítico:					
• 0 litros de agua	12,1	77,9	294,6	1.166	2.000
• 2 litros de agua	11,9	80,5	313,8	1.205	1.940

Si bien el crecimiento no fue tan espectacular como el obtenido con el método SIPCO en la Región del Bío Bío (5), es necesario señalar que en el mismo lugar del ensayo se intentó establecer durante dos años consecutivos, aunque en la época invernal, una plantación con resultados de no más de un 25% de sobrevivencia. Las plantas que lograron sobrevivir no tuvieron un buen desarrollo y fueron sobrepasadas en altura por las del ensayo, lo que permite suponer que el método de plantación primaveral propuesto puede implementarse con éxito a mayor escala.

Sería recomendable regar con dos litros de agua por planta al momento de efectuar la plantación por ser el tratamiento más eficiente. De esta forma se obtendría un incremento en altura similar al de los otros tratamientos, pero con un menor costo de establecimiento.

Al establecer plantaciones de *E. grandis* bajo tratamientos de riego y fertilización, se ha observado que la combinación de estos dos tratamientos tiene un efecto positivo en el crecimiento diametral, en altura y el desarrollo de la copa (14). Entonces, sería de interés ahondar en diferentes dosis de fertilización en el establecimiento de plantaciones con riego de *E. globulus*. Como se mencionó, la fertilización realizada fue sólo de apoyo y con dosis más altas probablemente los crecimientos debieran aumentar.

Al analizar el rendimiento volumétrico de la plantación a los ocho años de edad no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos probados (cuadro 4).

Se puede estimar que el rendimiento volumétrico medio del ensayo es de 224 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>, lo que equivale a un crecimiento medio anual de 28 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> por año. En consecuencia, es posible suponer que existe un potencial interesante para establecer en la región bosques de *E. globulus* utilizando la metodología propuesta.

En la zona costera de la Región del Maule se tienen registros de crecimiento para *E. globulus* que llegan a los 19 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> por año, con un rendimiento de 310 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> a los 16 años de edad (15). Por otra parte, para *Pinus radiata* D. Don, otra especie de interés económico, en sitios de características similares los crecimientos medios anuales no superan los 20 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> por año (16) y el valor comercial de su madera es inferior al que se puede alcanzar con *E. globulus*.

Aunque se está lejos del crecimiento conseguido en la Región del Bío Bío, se debe señalar

CUADRO 4

Rendimiento de una plantación de *Eucalyptus globulus* Labill establecida en primavera con diferentes tratamientos de riego.

Yield of a *Eucalyptus globulus* Labill plantation established in spring using different irrigation treatments.

Tratamiento	Volumen (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>
Riego durante el establecimiento:	
• 2 litros de agua	225
• 3 litros de agua	224
Riego durante el período crítico:	
• 0 litros de agua	230
• 2 litros de agua	217

<sup>1</sup> = metros cúbicos sólidos sin corteza

que aquellos sitios son de mejor calidad que los de la Región del Maule. En este contexto, llegar a obtener 28 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> por año es un resultado que supera las expectativas planteadas y es comparable con el crecimiento alcanzado en esta región en plantaciones de *E. globulus* sometidas a irrigación en la Depresión Intermedia.

Al mejorar ciertos aspectos, relacionados principalmente con las plantas utilizadas, es posible superar el crecimiento obtenido en el ensayo. La calidad de la planta es uno de los factores gravitantes para obtener un buen desarrollo y, probablemente, haber ocupado aquellas que fueron remanentes de otras plantaciones haya sido una limitante en el desarrollo.

A pesar de que no se contó con material vegetal de buena calidad, al analizar el crecimiento de la plantación una temporada más tarde de su establecimiento, el 10% de las plantas tuvieron incrementos medios superiores a 1,5 cm en diámetro y 100 cm en altura, lo que podría ser un indicador del potencial de crecimiento que se puede tener. Si se pudiera contar con material de alto valor genético, los resultados podrían ser aún mayores.

Si en los primeros estados de desarrollo se evita que las plantas pasen por condiciones de estrés, éstas podrán expresar de mejor forma su potencial genético. En consecuencia, aquellas plantas que se hayan mantenido desde su cultivo en vivero en las mejores condiciones deberían tener un crecimiento mayor en forma posterior a su establecimiento, sobre todo si se mantienen libres

de interferencias. Para la especie en estudio, en Australia se ha sugerido que es fundamental mantener la plantación libre de malezas durante el primer año y que el período libre de interferencias es de 18 meses (17).

Al efectuar las mediciones del ensayo se apreció un problema de malformación de las raíces que, de acuerdo a lo descrito por Molina *et al.* (18), pudo ser originado por el tipo de contenedor usado. Esto se manifestó en árboles volteados por el viento debido a la poca capacidad de sostén de sus raíces y, es probable, que también por ello el crecimiento se haya visto limitado.

Uno de los contenedores más usados para el cultivo de plantas de *E. globulus* es aquel de tipo individual, de paredes de plástico rígido y una cavidad cilíndrica de 94 cc, que es conocido en el mercado nacional en Chile como tubete. Con su utilización se evitarían los problemas en el sistema radical, causados por la bolsa de plástico, y de este modo se podrían mejorar las tasas de crecimiento en la plantación.

Se sabe que las variables más influyentes en el buen crecimiento de las plantas, particularmente en aquellas del género *Eucalyptus*, son la eliminación de la vegetación competidora y el cultivo del suelo (19, 20, 21). En el caso particular de este ensayo sólo se tendió a controlar las malezas mediante un cultivo superficial del suelo y con la aplicación de una cubierta de plástico (*mulch*). Esto debe haber favorecido la fertilización de apoyo que se realizó y es probable que al aumentar la dosis de fertilizante, también podrían mejorarse los índices de crecimiento.

Al analizar las variables de crecimiento y la supervivencia de las plantas, se puede recomendar regar con dos litros por planta en el momento de efectuar la plantación. Con este tratamiento se obtiene un desarrollo similar al de los demás, pero con un costo de operación menor.

Los elementos requeridos para realizar una plantación primaveral, como la que se ha propuesto, están al alcance de pequeños propietarios y la ejecución del método debiera ser sencilla para ellos. Ello permite suponer que, junto con las tasas de sobrevivencia y crecimiento obtenidas, es posible establecer bosques que podrían ser manejados con rotaciones cortas, de modo de satisfacer algunas necesidades propias y también generar productos como postes y madera para la fabricación de pulpa que pueden ser comercializados en el mercado

nacional. Sin embargo, debe tenerse especial cuidado con las rotaciones cortas, ya que con este tipo de manejo se pueden ocasionar efectos negativos en los aspectos abióticos del ambiente (5).

El método propuesto está acorde con la protección del ambiente, ya que no se emplean elementos químicos en el control de malezas, obteniendo resultados satisfactorios. Además, es de fácil implementación y puede ser adoptado por propietarios de predios pequeños, para generar bosques de los cuales podrían obtenerse recursos para su autoconsumo o comercialización.

## CONCLUSIONES

Después de haber transcurrido ocho períodos vegetativos desde que se realizó la plantación, se pueden obtener las siguientes conclusiones:

Es posible efectuar plantaciones primaverales de *Eucalyptus globulus* Labill en la zona costera de la comuna de Constitución en la Región del Maule de Chile. Para ello deben considerarse el riego, la utilización de un hidrocapturador, una fertilización de apoyo sobre la base de N, P y K, y el control de la competencia.

Es suficiente regar al momento de establecer la plantación sólo con dos litros por planta para obtener resultados satisfactorios en sobrevivencia y crecimiento. Este tratamiento es el más conveniente por emplearse la menor cantidad de agua.

Una forma limpia de controlar las malezas puede ser la combinación del surco efectuado con un arado y la colocación de un *mulch* alrededor de las plantas. Esta forma se presenta como una alternativa a los herbicidas químicos.

Con plantaciones primaverales, es posible obtener un crecimiento medio anual cercano a los 28 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> por año, lo que equivale a un rendimiento a los ocho años de edad de 224 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) PAMPOLINA, N.M., DELL, B., MALAJCZUK, N. Dynamics of ectomycorrhizal fungi in an *Eucalyptus globulus* plantation: effect of phosphorus fertilization. *Forest Ecology and Management*. 2002, vol. 158 N° 1-3, p. 291-304.
- (2) INFOR. *Estadísticas forestales 1999, Boletín estadístico N°74*. Santiago, Chile: Instituto Forestal. 2000. 139 p.
- (3) INFOR. *Estadísticas forestales 2000, Boletín estadístico N°79*. Santiago, Chile: Instituto Forestal. 2001. 145 p.
- (4) CONAF. Sistema integral de plantaciones coordinadas: lo asombroso de lo obvio. *Chile forestal*, 1993, N° 211, p. 27-28.
- (5) INFOR. *Especies forestales exóticas de interés económico para Chile*. Santiago, Chile: Instituto Forestal. 1986. 168 p.
- (6) DANIEL, P.E., HELMS, U.E., BAKER, F.S. 1982. *Principios de silvicultura*. México: McGraw-Hill. 1982. 492 p.
- (7) KOZLOWSKI, T., KRAMER, P., PALLARDY, S. *The physiological ecology of woody plants*. San Diego, USA: Academic Press, Inc. 1991. 657 p.
- (8) LOPEZ, E. *Caracterización bioclimática de la estación meteorológica de la Universidad Católica del Maule*. Talca, Chile: Informe Taller de Habilitación profesional Técnico Forestal, Universidad Católica del Maule. 1994. 46 p.
- (9) CANAVOS, G. 1992. *Probabilidad y estadística. Aplicaciones y métodos*. Madrid, España: McGraw-Hill. 1992. 651 p.
- (10) PRADO, J.A., ROJAS, P. 1987. Preparación del sitio y fertilización en el establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus globulus* en la zona semiárida de Chile. *Ciencia e investigación forestal*, 1987, vol. 1, N° 1, p. 17-27.
- (11) SEPULVEDA, D. 1990. *Antecedentes dasométricos y de rendimiento en rodales de Eucalyptus globulus*. Talca, Chile: Seminario de título Técnico Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. 1990. 37 p.
- (12) KOGAN, M., FUENTES, P., ESPINOZA, N. *Biología de malezas, herbicidas y estrategias de control en el sector forestal*. Concepción, Chile: Fundación Chile y Universidad Católica de Chile. 1992. 195 p.
- (13) PRADO, J.A. 1989. Establecimiento de plantaciones. En: PRADO, J. A., BARROS, S. *Eucalyptus principios de Silvicultura y Manejo*. Santiago, Chile: Instituto Forestal, 1989, p. 57-78.
- (14) CAMPION, J.M., SCHOLES, M.C. The influence of irrigation and fertiliser application on the early growth of *Eucalyptus grandis*. *Discovery and Innovation*, 2003, Sp. Iss. SI, p.115-126.
- (15) BARROS, S., ROJAS P. Crecimiento y Rendimiento. En: PRADO, J. A., BARROS, S. *Eucalyptus principios de Silvicultura y Manejo*. Santiago, Chile: Instituto Forestal, 1989, p. 101-145.
- (16) TORO, J., GESSEL, S. 1999. Radiata pine plantations in Chile. *New Forests* vol. 18, N° 1, p. 33-44.
- (17) ADAMS, P.R., BEADLE C.L., MENDHAM N.J., SMETHURST P.J. The impact of timing and duration of grass control on growth of a young *Eucalyptus globulus* Labill plantation. *New Forests*, 2003, vol. 26, N° 2, p. 147-165.
- (18) MOLINA, M.P., BARROS, D., IPINZA, R. 1992. Análisis de distintos contenedores para la producción de plantas de *Eucalyptus globulus* Labill. *Ciencia e investigación forestal*, vol. 6, N° 2, p. 169-193.
- (19) GARCIA, E., SOTOMAYOR, A., SILVA, S., VALDEBENITO, G. *Establecimiento de plantaciones forestales: Eucalyptus sp.*, Chile: Instituto Forestal. 2000. 30 p.
- (20) GONÇALVES J.L., STAPE, J.L., WICHERT, M.C.P., GAVA, J.L. Manejo de residuos vegetais e preparo de solo. In: GONCALVES J.L., STAPE, J.L. *Conservação e cultivo de solos para plantações florestais*. São Paulo, Brasil: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2002. p. 131-204.
- (21) CECCON, E., MARTINEZ-RAMOS, M. Aspectos ambientales referentes al establecimiento de plantaciones de eucalipto de gran escala en áreas tropicales: aplicación al caso de México. *Interciencia*, 1999, vol. 24 N° 6, p. 352-359.

Recibido: 20.05.04

Aceptado: 23.02.05