INTRODUCCION

Durante las décadas de los años 1960 a 1970 y 1970 a 1980 el Instituto estableció una importante red de ensayos de selección de especies para la forestación en las zonas central y sur del país.

Desarrollando un programa metódico y sistemático, se instalaron parcelas experimentales en más de 60 lugares entre las Regiones IV y XI, en los cuales se sometieron a prueba más de 160 especies de los géneros **Acacia, Cupressus, Eucalyptus, Pinus, Populus, Pseudotsuga** y otros.

Tempranamente y en la mayoría de los ensayos, destacaron claramente los eucaliptos, con rápidos y altos crecimientos, producto de una buena adaptación a las condiciones de suelo y clima del país.

Las especies normalmente empleadas en las plantaciones comerciales, **Pinus radiata** y **Eucalyptus globulus**, alcanzan importantes niveles de crecimiento y constituyen, fundamentalmente la primera, la base del acelerado desarrollo forestal que experimenta el país. Sin embargo, éstos niveles de crecimiento empiezan a ser significativamente superados en los ensayos establecidos.

El programa de selección de especies se complementa progresivamente con investigaciones sobre producción de plantas, procedencias de semillas, técnicas de establecimiento de plantaciones y, finalmente, se inicia un proceso de mejoramiento genético para las especies más destacadas en las etapas iniciales.

En el presente trabajo se entregan resultados de crecimiento juvenil de algunas especies y procedencias del género **Eucalyptus**, en un ensayo establecido en el predio Los Copihues, X Región, a los 12 años de edad.

ALGUNOS ANTECEDENTES DEL PROGRAMA DE SELECCION Y SILVICULTURA DE ESPECIES DE RAPIDO CRECIMIENTO

Selección de Especies

La información procedente de los ensayos de la primera etapa permitió la selección de algunas especies, cuyo desarrollo destaca claramente en diferentes lugares.

INFOR

En diversos ensayos establecidos en la zona costera, entre las Regiones VI y X, se puede apreciar que a los 15 años de edad **Pinus radiata** alcanza crecimientos de hasta 34 m³/ha/año (Antiquina, zona costera sur de la Provincia de Arauco) y **Eucalyptus globulus,** en el mismo lugar y a igual edad registra 44 m³/ha/año. **Eucalyptus fastigata** iguala y supera los crecimientos de **E. globulus**, en tanto que en **E. delegatensis**, **E. regnans** y **E. nitens**, los niveles de crecimiento anual se elevan a 50, 63 y 77 m³/ha, respectivamente (Cuadro Nº 1 y Figura Nº 1) (Prado y Barros, 1989).

Cuadro Nº 1

ZONA COSTERA VI A X REGIONES CRECIMIENTO VOLUMETRICO 15 AÑOS EDAD							
Ensayo	Región	Crecimiento según especie					
		E. nitens.	E. regnans.	E. delegatensis.	E. fastigata	E. globulus	E. radiata.
		(m3/ha/año)					
Llancacura	X		33	36		26	15
Amuley Cullinco	IX		49	36	33		25
Antiquina	VIII	77	68	50	44	44	34
Leonera	VIII	58	52	49	45	26	33
Las Cañas	VII		29		22	19	
San Antonio de Petral	VI	41	29		26	13	

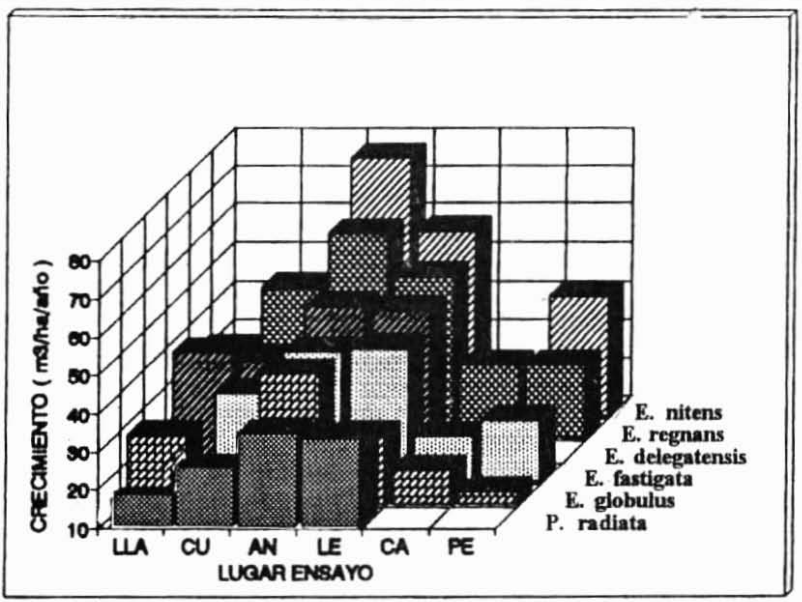


Figura Nº 1: **COSTA VI A X REGIONES CRECIMIENTO VOLUMETRICO**

INFOR

El ensayo de Antiquina se ubica en un sitio forestal de excepción, pero en otros lugares de ensayo hacia el norte y el sur, la tendencia se mantiene.

En parcelas experimentales ubicadas en sectores interiores y de precordillera, a igual edad, **Pinus radiata** muestra su mejor crecimiento en Jauja al interior de la Provincia de Malleco, con 36 m³/ha/año y **E. globulus** en Los Riscos, al sur del Lago LLanquihue, con 29 m³/ha/año. **Eucalyptus delegatensis** en tanto, registra incrementos anuales de 30 a 51 m³/ha, alcanzando 45 m³/ha en Jauja y 51 m³/ha en San Antonio de Loncoche, en el sector de la Cuesta de Lastarria. **Eucalyptus nitens**, probado solo en Santa Ana, lugar en el Valle Central cercano a Collipulli; acusa 51 m³/ha/año (Cuadro Nº 2 y Figura Nº 2) (Prado y Barros, 1989).

Cuadro Nº 2

ZONA INTERIOR Y PRECORDILLERA VII A X REGIONES							
Ensayo	Región	Crecimiento según especie					
		E.delegatensis	P. radiata	E.globulus	E.nitens.	E. regnans.	P. muricata.
		(m3/ha/año)					
Santa Ana	VII	30	16	20	51	26	
Jauja	IX	45	36				
San Antonio de Loncoche	X	51	33	23		16	24
Los Riscos	X	36	24	29			
Trafún	X	43	18			18	14

INFOR

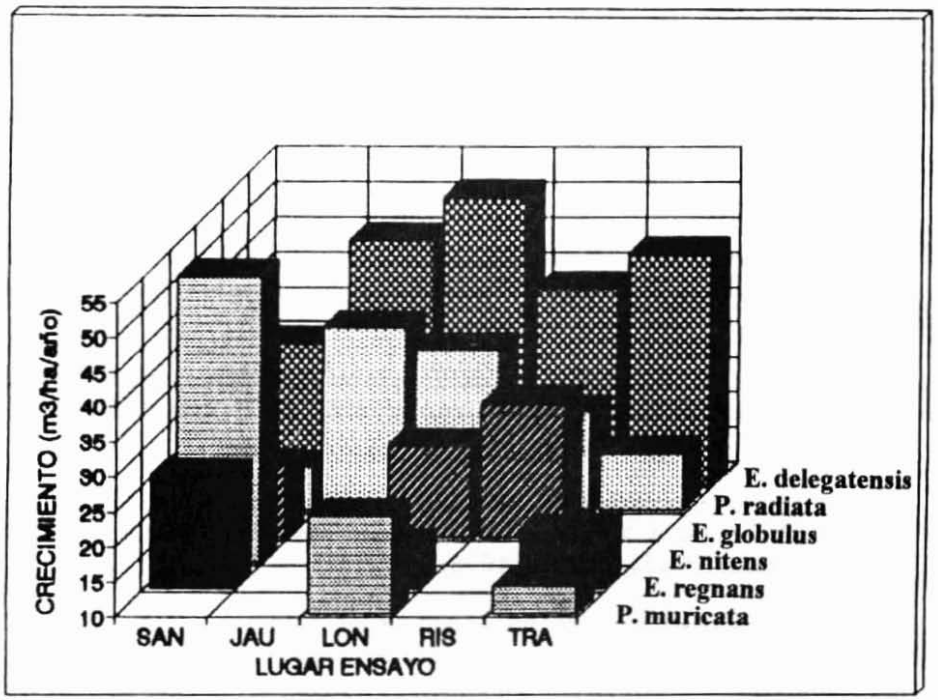


Figura Nº 2: **INTERIOR Y PRECORDILLERA VII A X REGIONES. 15 AÑOS.**

Procedencia de Semillas

En los ensayos mencionados no estaba incluida como variable la procedencia de la semilla, factor que ha demostrado tener decisiva relevancia. La importación de sucesivas muestras de semillas incorpora diferentes procedencias en los ensayos, pero en ningún caso suficientes como para una selección en este sentido, además en algunos casos éstas eran desconocidas o estaban parcialmente identificadas. En consecuencia, de estos ensayos es posible extraer escasa información sobre el comportamiento de orígenes de semilla para las especies más destacadas y sólo se puede mencionar como interesantes los resultados de algunas procedencias.

En el caso de **E. delegatensis** los mejores crecimientos corresponden a orígenes de Roses Tiers (TAS) y Brindabella Ranges (ACT). Para **E. regnans** se pueden mencionar procedencias de Poweltown (VIC), Mt. LLoyd (TAS) y para **E. nitens** la localidad de Mt. Royal Range (NSW) y otra desconocida del mismo Estado.

Posteriormente, a partir de 1980, se incrementa la red de ensayos concentrando la atención en las mejores especies y poniendo el énfasis en la selección de procedencia de semillas para éstas. El total de ensayos se eleva a más de 100 en las zonas central y sur del país.

INFOR

Resultados iniciales de esta segunda etapa de parcelas experimentales muestran algunos orígenes de semillas con crecimientos notoriamente superiores que otros. Sobre la base de antecedentes iniciales obtenidos de ensayos establecidos entre los años 1981 y 1986, entre las Regiones VIII y X, se pueden destacar diversas procedencias para algunas de las principales especies.

En **E. regnans** aparecen como de mayor interés los orígenes del Estado de Tasmania (Collinsvale, Levendale y Dover) y en segundo lugar del Estado de Victoria (Traralgon Creek).

Para **E. nitens** las principales son del Estado de Victoria (Alexandra, Rubicon, Macalister). Resultando también interesante Anembo del Estado de New South Wales.

En el caso de **E. globulus**, las mejores procedencias corresponden a Otways State Forest (VIC), Geeveston Dover al sur-este de Tasmania y la isla Flinders en el Estrecho de Bass (Prado y Alvear, 1993).

En un ensayo establecido en Antiquina en 1989 se está evaluando el crecimiento de 16 procedencias de **E. regnans**, 5 de **E. fastigata** y 13 de **E. delegatensis**. Resultados medidos a los 4 años permiten estimar volúmenes de 31 a 75 m^3/ha para **E. regnans**, 22 a 41 m^3/ha para **E. fastigata** y 16 a 50 m^3/ha para **E. delegatensis** (Cuadro Nº 3 y Figura Nº 3), apreciándose como las procedencias más destacadas: Collinsvale (TAS), Yetholme (NSW) y Lake Pedder (TAS), respectivamente (Barros, 1993).

INFOR

Cuadro Nº 3

ENSAYO PROCEDENCIAS EUCALIPTO ANTIQUINA VIII REGION 4 AÑOS EDAD

ESPECIE	PROCEDENCIA	SUPERV. (%)	ALTURA (M)	DIAMETRO (C%)	VOLUMEN (M^3/ ha)	
E. regnans	12024 TAS	86,0	11,4	10,3	36,6	1
	37 CGV TAS	94,0	11,8	13,6	72,2	2
	12034 TAS	86,0	12,1	13,9	70,7	3
	39 SXT TAS	96,0	11,0	12,1	54,4	4
	46 LDT	94,0	12,1	13,4	71,9	5
	24 CBV	76,0	10,9	10,3	30,9	6
	08 RCV	92,0	10,6	11,2	43,0	7
	13526 VIC	90,0	12,4	13,6	72,6	8
	12463 VIC	88,0	12,4	13,1	65,9	9
	10078 TAS	100,0	12,3	12,7	69,8	10
	10964	96,0	12,0	13,4	72,8	11
	23 TCV VIC	94,0	12,9	13,2	74,3	12
	11619 TAS	98,0	12,3	13,3	75,0	13
	30 CHT TAS	92,0	10,3	11,1	41,1	14
	04 NBV VIC	98,0	10,8	11,7	51,0	15
	12398 VIC	96,0	10,7	11,3	46,1	16
E. fastigata	9251 NSW	96,0	9,5	11,3	41,0	1
	8589NSW	100,0	9,7	10,7	39,1	2
	8588 NSW	100,0	9,0	8,4	22,3	3
	Bendoc VIC	100,0	9,5	10,9	39,7	4
	Collinsvale TAS	94,0	10,2	10,9	40,1	5
E. delegatensis	13097 TAS	96,0	8,9	10,0	30,1	1
	12982 TAS	96,0	8,1	8,6	20,2	2
	13102 TAS	96,0	9,7	11,7	44,9	3
	13167 NSW	94,0	9,6	9,9	31,1	4
	13086 VIC	92,0	9,1	11,1	36,3	5
	13098	90,0	9,6	10,4	32,9	6
	13094 TAS	88,0	8,3	7,9	16,0	7
	11747 VIC	88,0	9,3	9,2	24,4	8
	13066 NSW	94,0	9,3	9,3	26,6	9
	Waddanana	92,0	9,1	10,8	34,4	10
	Collinsvalle TAS	96,0	9,0	9,8	29,2	11
	10068 TAS	96,0	10,4	11,9	49,7	12
	12285	98,0	9,4	10,8	37,8	13

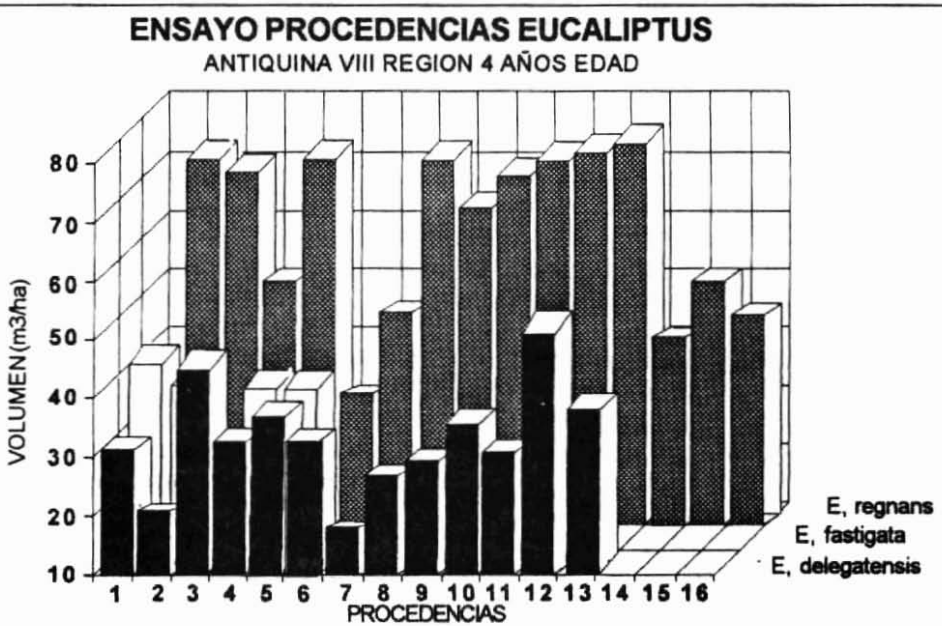


Figura Nº 3: **ENSAYO Y PROCEDENCIAS EUCALIPTOS ANTIQUINA VII REGION 4 AÑOS.**

INFOR

Establecimiento de Plantaciones

Las técnicas de establecimiento de plantaciones son de gran importancia en el prendimiento inicial y en el desarrollo posterior de la plantación, razón por lo cual dentro de la línea de investigación sobre silvicultura de especies de rápido crecimiento se incorporó esta variable en esta segunda etapa de ensayos.

Especialmente en el establecimiento de plantaciones con especies del género **Eucalyptus** son de importancia prácticas como una buena preparación de suelos, control de competencia y fertilización inicial.

En ensayos realizados en Mel-Mel, V Región, y Botacura, VII Región, con **E. globulus**, se puede apreciar a los 4 y 2 años de edad, respectivamente, el efecto de las técnicas de establecimiento en la sobrevivencia de la plantación y el desarrollo inicial de las plantas (Figura Nº 4). Los tratamientos completos pueden hasta cuadruplicar la sobrevivencia y tener un efecto positivo aun más marcado en el índice de crecimiento D^2H (Prado y Barros, 1989; Prado y Wrann, 1988).

Mejoramiento Genético

Un paso más avanzado en la silvicultura de plantaciones con especies de rápido crecimiento es el mejoramiento genético. En el año 1988 se inició un programa al respecto y, como primer paso, se instalaron ensayos con colecciones completas de procedencias y progenies, para el establecimiento de poblaciones base, con las principales especies anteriormente seleccionadas.

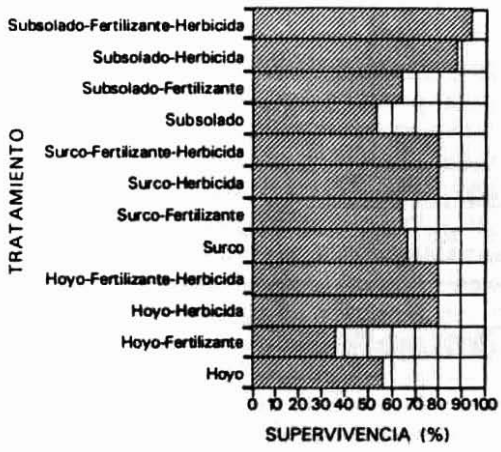
En estos ensayos se seleccionan en primera instancia las mejores procedencias y dentro de éstas, las mejores familias, eliminándose paulatinamente aquellas de menos interés, proceso en el cual en primer término se obtienen importantes ganancias genéticas y, en segundo, se constituyen las poblaciones base para posteriores y sucesivas selecciones, tanto por la vía sexuada como agámica.

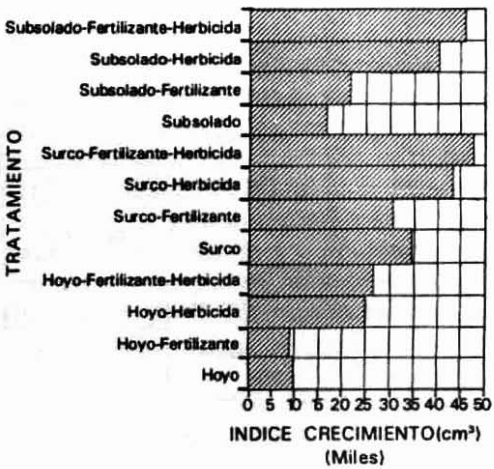
Resultados iniciales de ensayos de este tipo, en Tantehue (VI Región), para **E. camaldulensis**; San Agustín (VII Región), para **E. globulus**; y El Morro (VIII Región), para **E. nitens**; a 1, 3 y 2 años de edad, respectivamente, dejan en evidencia el nivel de diferencias que se pueden encontrar, entre procedencias y entre familias, y el consecuente potencial de ganancia genética que es posible esperar del programa (Figura Nº 5).

En la Figura Nº 5 se incluyen los resultados expresados en índice de crecimiento (D^2H) ponderado por la sobrevivencia (S%), de las 6 mejores procedencias en cada ensayo y de la mejor y peor familia dentro de éstas.

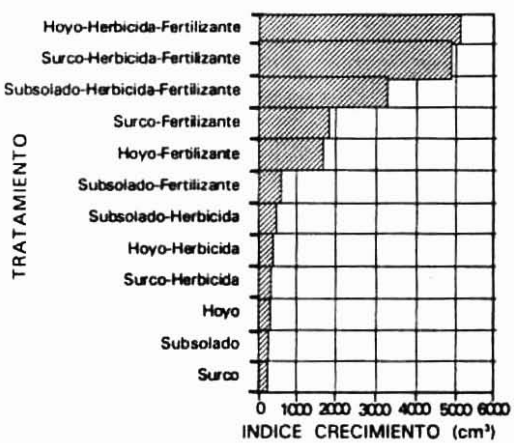
INFOR

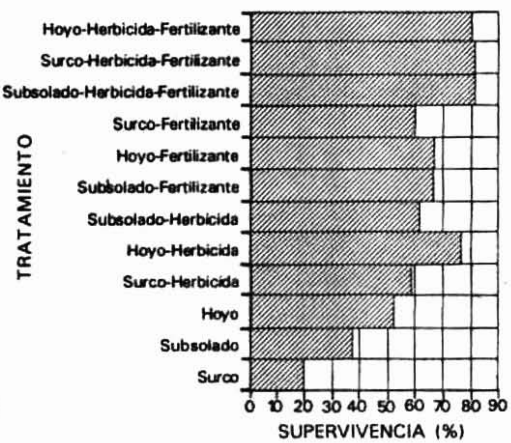
TECNICAS ESTABLECIMIENTO E. globulus
MEL MEL V REGION 4 AÑOS EDAD





TECNICAS ESTABLECIMIENTO E. globulus
BOTACURA VII REGION 2 AÑOS EDAD





INFOR

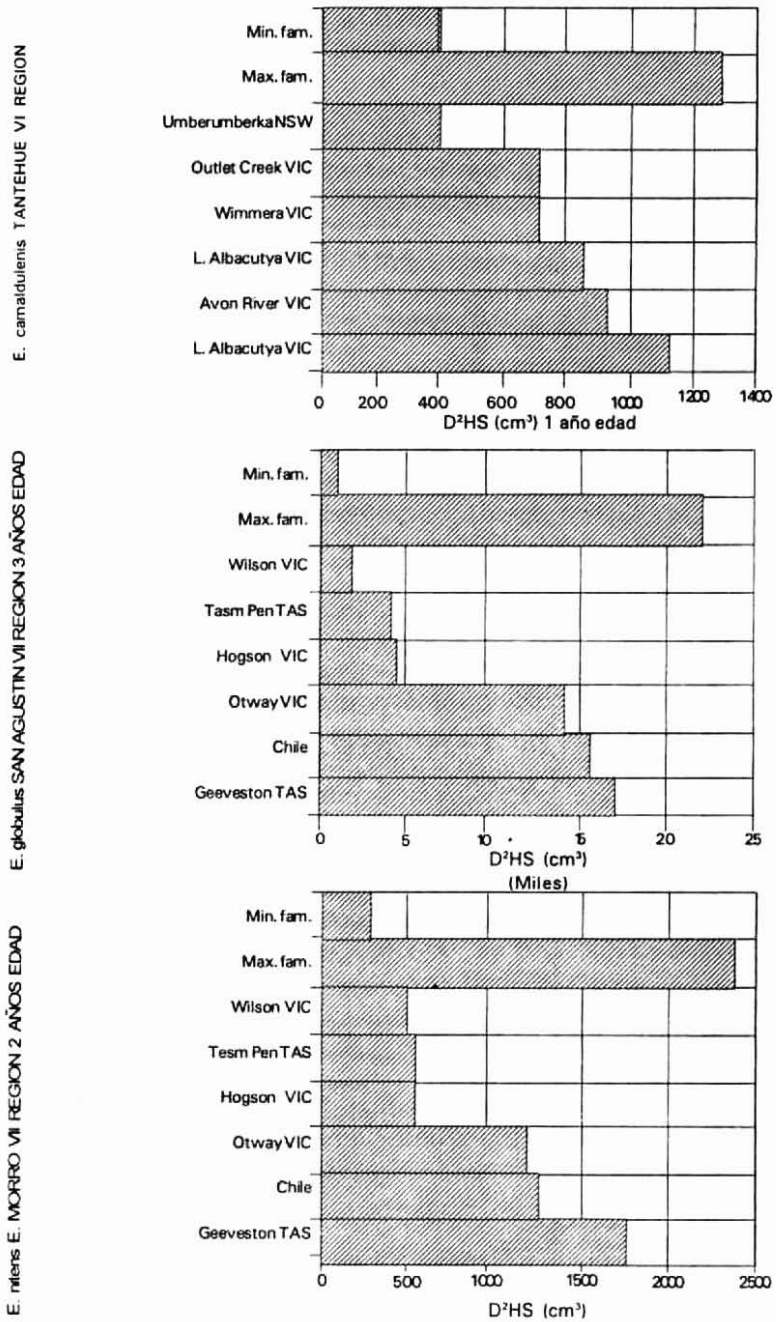


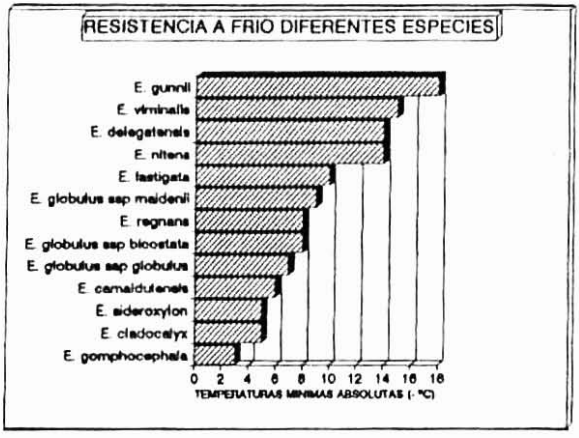
Figura Nº 5.: **RESPUESTA DE DIFERENTES PROCEDENCIAS Y PROGENIES.**

Dentro de un programa de mejoramiento genético y de acuerdo a los objetivos de la forestación y de las áreas a forestar, se puede seleccionar en torno a diferentes características de cada especie en estudio. Es posible que el objetivo de la selección se oriente a una mayor resistencia de la especie a limitantes hídricas o a frío; a un mayor rendimiento en función de un producto en particular o a maximizar el rendimiento total en madera.

Una de las prioridades de la selección actualmente en el país es la resistencia a frío, ya que existen áreas de la zona centro-sur y sur en las que se producen heladas intensas que comprometen seriamente el éxito de las plantaciones con **E. globulus**. Especialmente limitante se torna esto en sectores de precordillera andina, en donde existen extensos terrenos disponibles para la forestación. Por las razones expuestas, entre las primeras especies incluídas en el programa se encuentra **E. nitens**, que ya en los ensayos de la primera etapa registró altos niveles de crecimiento y que posee una de las mayores resistencias al frío entre las especies más comerciales del género. Igual cosa ocurre con **E. delegatensis** y **E. viminalis**, más recientemente incluídas en el programa (Figura Nº 6).

En la Figura Nº 6 se indican los niveles de resistencia al frío de las principales especies del género **Eucalyptus** probadas en el país (Prado, 1989).

El ensayo cuyos resultados se entregan en el presente trabajo corresponde a uno de los primeros establecidos en la segunda etapa. Se instaló en 1981, incluyó tres de las especies anteriormente seleccionadas y algunas procedencias de semillas en ese momento disponibles. No se aplicaron técnicas especiales de establecimiento ni intervenciones silvícolas posteriores.



TEMPERATURAS MINIMAS ABSOLUTAS (-° C)

Figura Nº 6: **RESISTENCIA A FRIO DIFERENTES ESPECIES.**

INFOR

OBJETIVOS

El objetivo general es la selección de especies y procedencias de semillas adecuadas para la forestación en la zona de la cordillera de la costa de la Provincia de Valdivia.

El objetivo del presente trabajo es entregar los resultados obtenidos hasta ahora, 12 años de edad, con algunas especies y procedencias del genero **Eucalyptus**, en un ensayo establecido en el año 1981 en el predio Los Copihues, ubicado en el área indicada.

MATERIAL Y METODO

Descripción del Sitio

El área donde se ubica el ensayo corresponde al Gran Grupo de Suelos Lateritas Pardo Rojizas y al Tipo Climático Región Oceanica con Influencia Mediterránea.

El relieve se caracteriza por lomajes suaves. La vegetación está constituida por el tipo selva valdiviana en que predominan especies como: Coigue (**Nothofagus dombeyi**), Raulí (**Nothofagus alpina**), Olivillo (**Aextoxicon punctatum**), Laurel (**Laurelia sempervirens**) y Tepa (**Laurelia philippiana**).

El gran grupo de suelos lateritas pardo rojizas se caracteriza por poseer un horizonte A1 bastante grueso y un horizonte B rico en arcillas. Los materiales que han originado los suelos en esta unidad son principalmente de tipo metamórfico, conglomerados volcánicos, materiales aluviales de texturas medias y pesadas, con buen drenaje, y también se encuentran trumaos de lomajes.

El clima corresponde al tipo oceánico con influencia mediterránea que se caracteriza por un régimen pluviométrico continuo a lo largo del año con un descenso estival, debido a la influencia mediterránea. Los parámetros medios son: t° media anual de 11,0°C; t° media en enero de 17,8°C; t°media en julio de 8,5°C y t° máxima media en enero de 22°C.

Especies en Ensayo

En el Cuadro Nº 4 y Figuras Nº 7 y 8 se identifican, describen y ubican las especies y procedencias en ensayo.

INFOR

Cuadro Nº 4.

ESPECIES Y PROCEDENCIAS EN ENSAYO.

ESPECIE	CODIGO (N°)	LUGAR	ESTADO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (msnm)
E. globulus	11615	Mt. Judbury	TAS	42° 59'	146° 55'	490
E. delegatensis	9989	Roses Tiers	TAS	41° 24'	147° 38'	940
E. delegatensis	9141	Bondo	NSW	35° 15'	148° 30'	1150
E. delegatensis	12295	Mt. Foster	TAS	42° 08'	148° 04'	600
E. nitens	11814	Anembo	NSW	35° 45'	149° 27'	1000
E. nitens	12175	Toorongo Plateau	VIC	37° 47'	146° 07'	1100
E. nitens	12211	Alexandra	VIC	37° 25'	145° 50'	1000
E. nitens	12114	Big Bagda Mtn.	NSW	36° 01'	149° 34'	1250
E. regnans	12463	Traralgon Creek	VIC	38° 26'	146° 32'	575
E. regnans	12074	Levendale	TAS	42° 31'	147° 32'	550
E. regnans	11619	Collinsvale	TAS	42° 50'	147° 10'	670

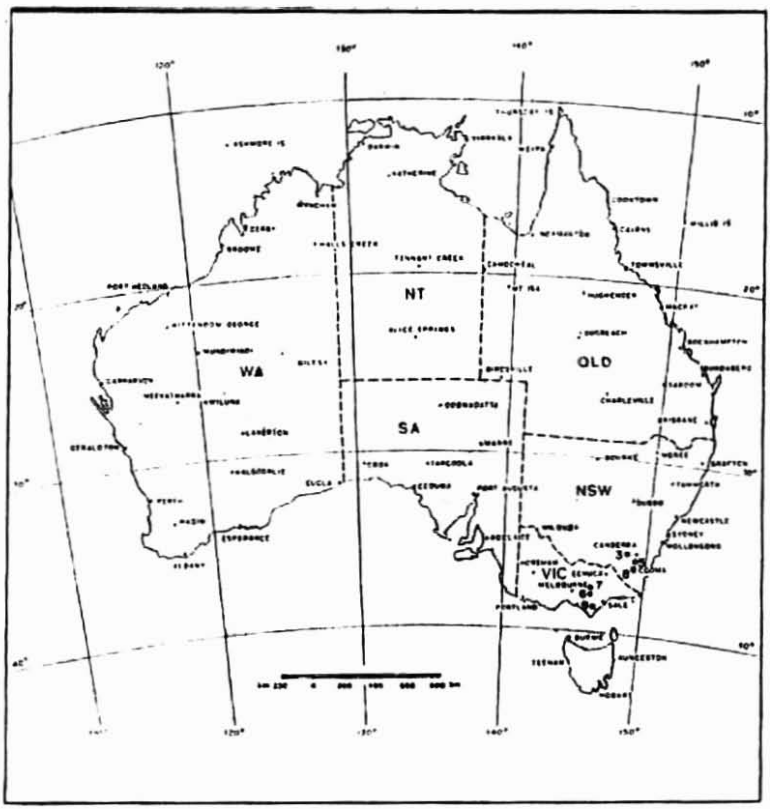


Figura Nº 7: **UBICACION EN ENSAYO ESTADO DE VICTORIA Y NEW SOUTH WALES**

INFOR

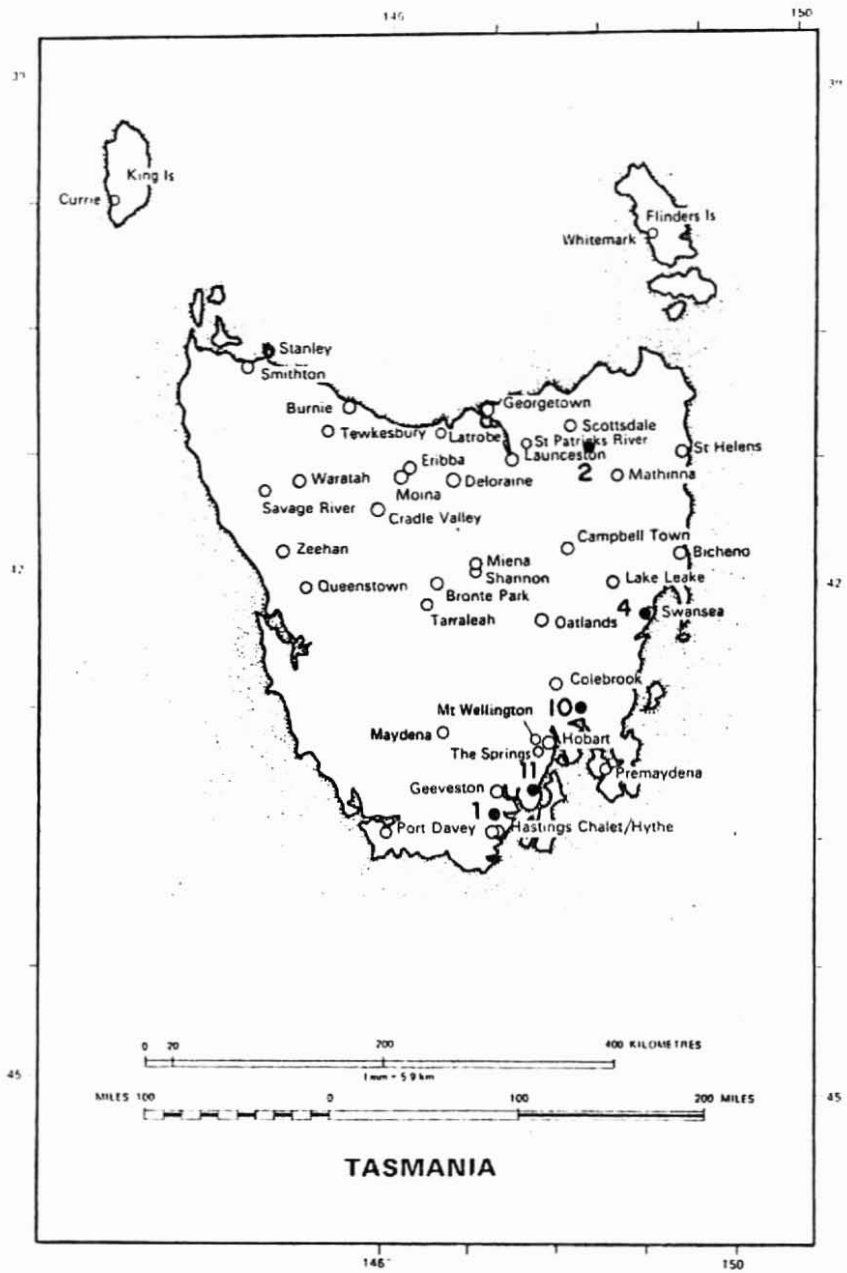


Figura Nº 8. **UBICACION PROCEDENCIAS EN ENSAYO ESTADO DE TASMANIA**

INFOR

Establecimiento del Ensayo

El ensayo se estableció en el año 1981 en el predio Los Copihues, cercano a la ciudad de Valdivia (aproximadamente 20 km. al sur-este), de propiedad de Forestal ANCHILE.

La instalación del ensayo se efectuó en el mes de agosto, se emplearon plantas de un año en macetas, la preparación de suelos consistió en casillas simples y el espaciamiento de plantación fue de 2,5 x 2,5 m. La limpia previa a la plantación fue manual. No se aplicó fertilizante ni intervenciones silviculturales posteriores.

Diseño Experimental

Se empleó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, parcelas de 64 plantas y una parcela central de control de 25 plantas.

Se efectuaron mediciones de control a los 6, 10 y 12 años de edad, evaluándose la sobrevivencia en porcentaje (S), la altura total en m (H) y el diámetro a la altura del pecho en cm (DAP).

La variable respuesta considerada es el volumen en metros cúbicos proyectado a una hectárea de superficie (V), el cual fue estimado mediante la función propuesta por Opie (1976).

Análisis Estadístico

En torno a la variable respuesta se efectuó un análisis de varianza para determinar la existencia de diferencias entre los volumenes obtenidos para las diferentes especies y procedencias. La diferencia entre los promedios de los tratamientos se estableció mediante la prueba de comparación de medias de Tukey.

RESULTADOS

En el Cuadro Nº 5 se indican los resultados obtenidos a las diferentes edades para las distintas especies y procedencias. Se señalan los niveles alcanzados por las variables controladas en cada caso y por la variable respuesta y los resultados del análisis estadístico. En la Figura Nº 9 se muestran graficamente los volumenes obtenidos con cada especie y procedencia a los 12 años de edad.

INFOR

Cuadro Nº 5.

ESPECIES Y PROCEDENCIAS EUCALIPTUS
Los copihues X Región

Especie y Procedencia	Parámetros Medios según edad												
	6 Años				10 Años				12 Años				
	S (%)	H (m)	D (cm)	V (m3/ha)	S (%)	H (m)	D (cm)	V (m3/ha)	S (%)	H (m)	D (cm)	V (m3/ha)	(1)
E. nitens 11814 NSW	78,7	12,7	15,0	119	78,7	19,0	21,1	340	78,7	24,6	24,0	549	a
E. nitens 12211 VIC	73,3	11,1	13,8	84	72,0	19,0	20,6	284	72,0	24,1	23,3	452	ab
E. nitens 12175 VIC	65,3	10,4	12,5	60	62,7	18,2	20,8	247	62,7	23,4	24,6	438	ab
E. nitens 12114 NSW	69,3	11,6	13,4	77	66,7	20,2	20,0	268	65,3	24,2	23,0	411	abc
E. regnans 11619 TAS	52,0	10,9	13,4	56	49,3	18,9	21,9	212	49,3	24,3	25,8	355	abc
E. regnans 12463 VIC	49,3	9,4	10,6	32	49,3	17,6	19,9	176	49,3	23,3	24,9	330	bcd
E. delegatensis 9141 NSW	56,0	7,9	11,0	29	56,0	16,1	19,2	178	54,7	20,8	22,6	283	bcd
E. delegatensis 9989 TAS	62,7	8,3	10,4	32	62,7	14,7	18,8	173	60,0	20,2	21,3	275	bcd
E. regnans 12074 TAS	36,0	9,6	11,3	24	36,0	18,3	21,4	142	36,0	24,1	26,5	270	bcd
E. delegatensis 12295 TAS	44,0	7,4	10,1	18	42,7	13,9	19,4	112	42,0	17,7	22,7	204	cd
E. globulus 11615 TAS	49,3	8,6	8,4	17	48,0	15,9	14,1	79	45,3	20,5	16,8	131	d

(1) Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos.

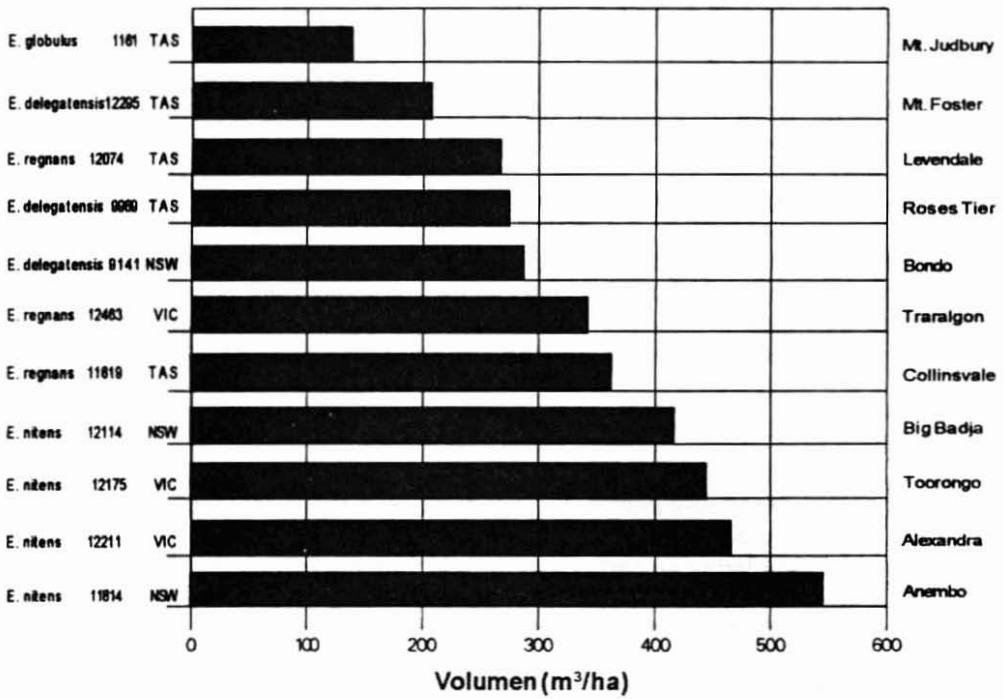


Figura Nº 9: **ESPECIES Y PROCEDENCIAS. LOS COPIHUES X REGION. EDAD 12 AÑOS.**

INFOR

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos son bastantes coherentes con la información reunida anteriormente en los ensayos de selección de especies de primera etapa.

Destaca notoriamente **E. nitens**, que en las 4 procedencias probadas supera a las restantes especies. De entre estas destaca el origen de Anembo (NSW), con el mejor desarrollo, y son también importantes los crecimientos que muestran las dos procedencias de Victoria (Alexandra y Toorongo Plateau) y la otra procedencia de New South Wales.

En el Cuadro Nº 6 y Figura Nº 10 se puede apreciar que el ritmo medio de crecimiento de esta especie a los 12 años de edad esta por sobre los 34 m^3/ha/año, alcanzando para las procedencias Alexandra (VIC) y Anembo (NSW) a 38 y 46 m^3/ha/año.

Para la procedencia Anembo (NSW) este incremento anual era de 20 m^3/ha a los 6 años de edad y de 34 m^3/ha a los 10 años de edad, alcanzando a los 12 años de edad un promedio de 46 m^3/ha. Es importante observar que el incremento anual corriente en esta procedencia, entre los 10 y los 12 años de edad estaría superando los 100 m^3/ha. El origen Alexandra (VIC) estaría registrando para el mismo período un incremento cercano a los 85 m^3/ha/año.

Las dos restantes procedencias de **E. nitens** y algunas de **E. regnans** y **E. delegatensis**, también muestran interesantes crecimientos, aún cuando en algunos casos la sobrevivencia a caído por bajo el 50%. Como se puede observar en el Cuadro Nº 5, esta reducción de árboles por unidad de superficie ocurrió tempranamente, antes de los 6 años de edad. También se puede apreciar que para **E. nitens** y para las procedencias de Collinsvale (TAS) y Traralgon Creek (VIC) de **E. regnans**, los crecimientos en altura y el diámetro son elevados, por lo tanto el bajo volumen total se explica fundamentalmente por la baja sobrevivencia.

La procedencia levensdale de (TAS) de **E. delegatensis**, **E. regnans** y **E. globulus** muestran volumenes menores, que en alguna medida se explican por la reducción temprana de ejemplares por unidad de superficie, pero que también corresponden a un menor desarrollo, como se observa en los inferiores niveles en altura y diámetro.

Este ensayo fue afectado por heladas y por fuerte competencia de vegetación menor, situación que es de especial importancia en los primeros años de vida de la plantación. Esto se refleja claramente en la temprana reducción de la densidad, más evidente en **E. delegatensis** y **E. globulus** que son más suceptibles a la competencia de malezas, y en los resultados que aparecen ordenados practicamente de igual modo que la resistencia a frío indicada en la Figura Nº 6.

INFOR

Cuadro Nº 6.

ESPECIES Y PROCEDENCIAS EUCALYPTUS
Los Copihues X Región

Especie y Procedencia				Incremento Volumétrico Medio (m3/ha/año)		
				6 años	10años	12 años
E. nitens	11814	NSW	Anembo	19,8	34,0	45,8
E. nitens	12211	VIC	Alexandra	14,0	28,4	37,7
E. nitens	12175	VIC	Torongo	10,0	24,7	36,5
E. nitens	12114	NSW	Big Badja M.	12,8	26,8	34,3
E. regnans	11619	TAS	Collinsvale	9,3	21,2	29,6
E. regnans	12463	VIC	Traralgon	5,3	17,6	27,5
E. delegatensis	941	NSW	Bondo	4,8	17,8	23,6
E. delegatensis	9989	TAS	Roses Tier	5,3	17,3	22,9
E. regnans	12074	TAS	Levendale	4,0	14,2	22,5
E. delegatensis	12295	TAS	Mt. Foster	3,0	11,2	17,0
E. globulus	11615	TAS	Mt. Judbury	2,8	7,9	10,9



Figura Nº 10: **CRECIMIENTO ESPECIES Y PROCEDENCIAS LOS COPIHUES X REGION.**

INFOR

Como conclusiones se puede indicar que utilizando **E. nitens**, de cualquiera de la procedencias probadas en este ensayo; **E. regnans**, de Collinsvale (TAS) o de Traralgon Creek (VIC); y **E. delegatensis**, de Bondo (NSW) o Roses Tiers (TAS), es posible establecer plantaciones de rápido crecimiento y alto rendimiento en sitios como el de este ensayo en la provincia de Valdivia.

Desde el punto de vista de la resistencia a frío, las espectativas de rendimiento podrán ser superiores con **E. nitens** y **E. delegatensis**, en tanto que considerando la suceptibilidad a la competencia de vegetación menor, la elección sería **E. nitens** y **E. regnans**. Desde ambos puntos de vista, principalmente el primero, **E. globulus** aparece como una especie de menor potencial y de alto riesgo para el establecimiento de plantaciones comerciales en la zona.

Otro aspecto a destacar es el gran potencial de mejoramiento adicional que la silvicultura puede obtener en las plantaciones de rápido crecimiento con estas especies del genero **Eucalyptus**.

Ya se dispone de especies y procedencias adecuadas, en este caso claramente **E. nitens** de Anembo (NSW) y de Alexandra (VIC). A esto hoy se agrega que el mejoramiento genético ya iniciado muy probablemente obtendra importantes ganancias en crecimiento total u otras características deseables.

A menos plazo, para esta especie y procedencia y para las otras antes mencionadas (**E. delegatensis** y **E. regnans**), la aplicación de técnicas intensivas de establecimiento de plantaciones, que contemplen una intensa preparación de suelos (subsolado, labranza total), adecuado control de competencia (previo a la plantación y hasta los dos o tres años, hasta que se cierre el dosel) y fertilización inicial (N, P, K y algunos elementos menores según el sitio), permite asegurar una alta sobrevivencia y un rápido desarrollo de la plantación.

Es importante sin embargo, realizar en cada caso un análisis económico en función del sitio, la ubicación y otros aspectos, dado el costo que involucran estos tratamientos. También, es de importancia el análisis económico para la determinación de la rotación, ya que actualmente algunas empresas estan aplicando silvicultura intensiva para rotaciones que estiman en 10 a 14 años para la producción de madera pulpable, la cual no parece conveniente a la luz de los resultados de este ensayo y otros establecidos por el INFOR, en primer lugar por el ritmo de crecimiento y en segundo lugar por las diferencias en el habito de crecimiento de distintas especies. En relación al ritmo de crecimiento, no parece lo más indicado explotar a los 12 años de edad una plantación de **E. nitens** que estaría en el momento incrementando su volumen a razón de 100 m^3/ha/año. En lo que se refiere al habito de crecimiento, diversos ensayos anteriores de selección de especies, indican que algunas especies como **E. delegatensis**, elevan considerablemente su incremento volumétrico anual entre los 10 a 15 años de edad.

INFOR

REFERENCIAS

Alvear, C. y Prado, J.A., 1993. Desarrollo y Parámetros Genéticos de **Eucalyptus nitens** en el Centro y Sur de Chile. Seminario "Los Eucaliptos en el Desarrollo Forestal de Chile". Pucón (en prensa).

Barros, S., 1993. La Introducción de Especies Forestales en Chile. Con Actas Primera Reunión Avances Sobre Silvicultura Publicaciones. Forestales Nº 1. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Opie, J.E., 1976. Volume Functions for Trees of All Sizes. Forestry Tech. Pap., 25: 27-30.

Prado, J.A., 1989. Selección de Especies y Procedencias. En Eucalyptus. Principios de Silvicultura y Manejo. Santiago, Chile. INFOR-CORFO: 42-56.

Prado, J.A. y Alvear, C., 1993. Resultados de Ensayos de Procedencias y Progenies de **Eucalyptus globulus** en la Zona Centro-Sur de Chile. Seminario "Los Eucaliptos en el Desarrollo Forestal de Chile". Pucón (en prensa).

Prado, J.A. y Barros, S., 1989. Eucalyptus. Principios de Silvicultura y Manejo. Santiago, Chile. INFOR-CORFO. 199 pp.

Prado, J.A. y Wrann, J., 1988. La Importancia de la Preparación del Sitio y la Fertilización en el Establecimiento de Plantaciones de Eucalyptus. En: Actas Simposio CORFO-INFOR, Manejo Silvícola del Genero Eucalyptus. Junio 1988, Viña del Mar, p. 19.

INFOR

RETOÑACION EN CUATRO ESPECIES DEL GENERO EUCALYPTUS EN CHILE

César Alarcón A. (*)

RESUMEN

Se analiza la capacidad de retoñación de 4 especies del género ***Eucalyptus****:* ***E. nitens****,* ***E. delegatensis****,* ***E. globulus ssp globulus*** *y* ***E. regnans****.*

Al comparar las mediciones realizadas 1 año después de la corta (14 meses) con las efectuadas recientemente a los 56 meses (4 años después), se verifica final y definitivamente que ***E. regnans*** *no presenta una retoñación suficiente como para asegurar el primer ciclo de corta de monte bajo. Las otras especies continúan su crecimiento, con una retoñación regular. Especiales son, sin embargo, los resultados demostrados por* ***E. nitens****, que hasta hoy, es considerada en proyectos forestales como una especie sin retoñación, y evaluada económicamente sólo con rotaciones de monte alto, lo que se traduce en una desventaja financiera frente a la tradicional especie* ***E. globulus****.*

Se presentan algunas funciones obtenidas con un análisis de variables explicativas, permitiendo estimar por ejemplo el número de retoños por tocón para cada especie, como también, efectuar algunos alcances en relación al crecimiento de las especies ***E. nitens y E. globulus spp. globulus.***

(*) Ingeniero Forestal. Instituto Forestal. Santiago, Chile.

INFOR

INTRODUCCION

El genero **Eucalyptus** contiene variadas especies de interés comercial. En la actualidad, entre las más relevantes desde este punto de vista se cuentan **E. globulus ssp. globulus** y **E. nitens**. Siendo también de interés para la reforestación **E. delegatensis**, **E. regnans**, **E. viminalis** y **E. camaldulensis**.

Las especies **E. globulus ssp. globulus** y **E. nitens** alcanzan un 95% de las plantaciones del genero en el país. Tradicionalmente en Chile, hasta hace 5 años, sólo se efectuaban plantaciones con **E. globulus**, sin embargo, **E. nitens**, es para las empresas productoras de bosques, la especie que posee actualmente un interés prioritario, por sus características de buen desarrollo, resistencia a las bajas temperaturas y heladas, así como también por las propiedades físico-mecánicas de la madera, y en especial, por su alta rentabilidad para los propositos productivos de madera aserrable y pulpable. Con mucho más experencias practicas de reforestación y desarrollo masivo, la especie **E. globulus** continua con su alta demanda, para situaciones conocidas de la respuesta al establecimiento, y para varios ciclos de corta.

Las razones de este alto interés general en especies del genero, se pueden resumir en: la simplicidad de su silvicultura (especialmente en monte bajo), ciclo de corta de pocos años, y la posibilidad de generar y comercializar productos de dimensiones pequeñas y en especial satisfacer a corto plazo las tendencias del mercado por fibra corta, que junto a las características propias de la madera, le asignan una mayor rentabilidad al negocio de producción de bosques frente a otras especies

La gran demanda exportadora de madera de **Eucalyptus** (más de 1.370.000 m^3/año promedio en los últimos 5 años), desde 1986, permite estimar que, del total de plantaciones antiguas, una gran proporción de estos bosques (sobre el 65%) se manejan como monte bajo para producir principalmente madera pulpable, leña y polines, y del orden del 10 a 15% para fines aserrables y especialmente para madera foliable o debobinable con ciclos más largos. En cambio, las plantaciones recientes tienen un unico objetivo pulpable en más del 90%, pasando de un ciclo corto de monte alto (no más de 10 a 15 años) a monte bajo, con ciclos de 8 a 12 años.

Asi, una buena parte de la investigación silvícola específica, debiera

INFOR

centrarse en la caracterización del crecimiento y desarrollo de estas especies en el monte bajo, para utilidad en el manejo forestal.

El presente trabajo fue realizado en parcelas del proyecto de introducción de especies del Instituto Forestal (INFOR), donde se analiza y compara la capacidad de retoñación de este monte bajo, junto a otros alcances en relación a la caracterización del crecimiento de este tipo de monte.

El objetivo principal es evaluar la retoñación de algunas especies de **Eucalyptus**: **E. globulus ssp. globulus**, **E. nitens**, **E. delegatensis** y **E. regnas**, además de caracterizar su crecimento inicial.

MATERIAL Y METODO

Se analiza la retoñación de estas especies, en parcelas establecidas por INFOR en 1966 y 1967, que fueron taladas en Febrero de 1989 por el propietario del predio. Las parcelas estan ubicadas en las cercanias de Mulchen, IX Región.

Las especies están en parcelas distribuidas de acuerdo a un diseño estadístico, de parcelas completamente aleatorizadas con tres repeticiones. En este caso, sin embargo, sólo se consideran los árboles con un desarrollo normal al momento de la corta, y que no hubiesen sido cortados anteriormente.

Se compara el control inicial de retoñación efectuado en Abril de 1990, es decir, 14 meses después de la corta, con el control realizado en Septiembre-Octubre del presente año; registrándose las siguientes variables en esta última medición: número total de retoños (NR), porcentaje de tocones retoñados (TR%), número de retoños de mayor altura (NRma), altura de tocón (AT), y diámetro de tocón (DT). Previo al análisis estadístico de los porcentajes de TR% se utilizó la transformación de Blisst.

Para verificar la existencia de diferencias estadísticas, en la capacidad de retoñación de las distintas especies, se comparan algunas variables registradas en terreno, mediante un Análisis de Varianza (ANDEVA). También se incluyen en este análisis otras catorce variables dasométricas, de cada retoño en forma individual, como otras producto de la agregación de los tres retoños más altos.

Los supuestos de homocedasticidad, normalidad y aditividad se comprueban con las pruebas especificas Bartlett, Shapiro-Wilk y Tukey, respectivamente.

Para especificar las diferencias, se emplea la prueba de Scheffé de comparación multiple.

INFOR

Para la obtención de distintas relaciones funcionales se utilizan rutinas para regresiones múltiples y step-wise, mediante análisis de regresión.

La primera corta de monte alto de **E. nitens** en el país, corresponde a las parcelas consideradas en este estudio, como también su seguimiento.

RESULTADOS Y DISCUSION

E. globulus ssp. globulus presenta una gran capacidad de retoñación, que puede dar origen a sucesivas rotaciones de monte bajo, sin disminuir obstensiblemente su capacidad hasta 4 ciclos de monte bajo. Así, la rotacion puede alcanzar entre 35 a 50 años, esta última en el caso más tradicional.

Las otras especies, en cambio, presentarían ciertos problemas para su regeneración desde la tala del monte alto. Esto hace que algunos productores de bosques prefieran **E. globulus ssp. globulus**, aún en zonas donde esta especie presenta problemas de adaptación, especialmente debido a bajas temperaturas y heladas.

Reafirmando lo expresado, Turnbull y Pryor (1978) y Opie **et al.** (1978), señalan que **E. delegatensis** rebrota bien, en **E. regnans** esta condición es rara y **E. nitens** puede producir regeneración de tocón, pero con ciertas dificultades.

La experiencia práctica en Chile, indica que, en algunos casos, la especie **E. delegatensis** rebrota con una alta cantidad de retoños y con bastante vigor; sin embargo, en otros estudios la regeneración ha sido escasa o nula. Esto se debe principalmente a factores como, eficiencia en las formas de corte, epoca de corta, origen y ubicación de los retoños, y al parecer la altura de corte, que esta incidiendo en la rebrotación de estas especies.

Capacidad de retoñación (simple)

La capacidad de retoñación corresponde al porcentaje de tocones observados que emitieron retoños (TR%) y por el número de retoños (NR) que lograron desarrollarse. El TR% y NR por especie se muestran en el Cuadro Nº 1.

INFOR

Cuadro Nº 1.

PORCENTAJE Y NUMERO DE RETOÑOS POR TOCON SEGUN ESPECIE EN AMBOS CONTROLES

ESPECIE	RETOÑACION (%)		RETOÑOS (Nº)	
	14 meses	54 meses	14 meses	54 meses
E. globulus	93,1 [a]	45,8 [a]	6,6 [b]	4,3 [ab]
E. nitens	81,8 [a]	69,4 [a]	5,9 [c]	4,6 [a]
E. delegatensis	80,1 [a]	52,7 [a]	8,0 [a]	4,9 [a]
E. regnans	17,0 [b]	6,8 [b]	4,7 [c]	2,4 [b]

Letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$).

Resulta sorprendente la pérdida de retoños desde el primer control al segundo (14 a 54 meses), en cambio esta misma comparación, respecto a número de retoños promedio es consecuente con la competencia existente. Sin embargo, en todas las especies, la mayor parte de los retoños tienen su origen en yemas epicórmicas, lo cual debería asegurar la estabilidad y desarrollo de este establecimiento. (Kramer y Kozlowski, 1960). No es menos probable entonces, que esta caida de capacidad de retoñación se deba levemente al hecho que las yemas adventicias de rebrote en la especie **E. globulus** sean igual al doble de las observadas en **E. nitens** como se muestra en el Cuadro Nº 2.

Cuadro Nº 2.

NUMERO DE RETOÑOS POR ORIGEN EN EL TOCON A LOS 14 MESES DESPUES DEL CORTE, SEGUN ESPECIE.

ESPECIE	RETOÑOS	
	Adventicios	Epicórmicos
E. globulus	2,4	4,2
E. nitens	1,2	4,7
E. delegatensis	2,2	5,8
E. regnans	0.1	4,6

INFOR

Es sin lugar a dudas, la interación especie-sitio-característica del bosque de origen, la que determina la mayor o menor adaptación, o desarrollo de las distintas especies en un determinado lugar. En este caso, los resultados presentados, indicarían la mejor adaptación o plasticidad al sitio, de la especie **E. nitens**, que sólo obtiene un 15,2% de pérdidas de tocones, en cambio **E. globulus** pierde el 50,8%, entre ambos controles.

Capacidad Esperada de Retoñación o Indice de Aproximación al Manejo

Corresponde a la relación anterior de capacidad de retoñación porcentual, ponderada por el número de retoños vivos de un tocón (Cuadro Nº 3).

Cuadro Nº 3.

CAPACIDAD ESPERADA DE RETOÑACIÓN EN AMBOS CONTROLES

ESPECIE	CALIDAD DE RETOÑACIÓN ESPERADA (%)	
	14 meses	54 meses
E. globulus	6,1	2,0
E. nitens	4,8	3,2
E. delegatensis	6,4	2,6
E. regnans	0,8	0,2

Considerando dos o más controles entre varios años, este índice muestra conceptualmente para este bosque, bajo la relación especie (su capacidad de retoñación) - tocones (sus características) - sitio, una aproximación a la capacidad máxima esperada de soporte promedio de retoños por tocón.

Una de las incógnitas de la silvicultura del monte bajo, corresponde a la oportunidad del clareo y su intensidad. Por lo tanto, la importancia fundamental es descubrir los puntos de quiebre de la capacidad de retoñación esperada a tráves de los años. Determinar en que año la curva se hace asintótica y deja de actuar la mortalidad. Fenómeno que en situación de mortalidad natural, plena competencia, existe el máximo (óptimo) aprovechamiento del sitio o tiende a la máxima productividad del sitio, dada las características propias del bosque establecido, en este caso

INFOR

dadas por el monte alto. Así, el bosque estará trabajando hasta antes del punto de quiebre, en su desarrollo y crecimiento, sólo, y de acuerdo a reglas naturales, sin la necesidad de intervención exógena, sobre el máximo de productividad, lo que se traduce en el soporte o carga máxima de retoños por tocón, dada la interacción bosque-sitio. Es generalizado en el ambito de producción de bosques, que el monte bajo, tenga como producto objetivo la madera pulpable, por lo que se compatibiliza ampliamente este criterio con el fin productivo del bosque.

Si el silvicultor actua durante la evolución de este fenómeno de mortalidad, realizando el clareo, ubicará al bosque en otra curva de similar forma y pendiente, pero de menor productividad, sin embargo si no lo hace, probablemente disgregará demasiado el volumen en muchos retoños no viables por competencia, o de dimensiones y volumen bajo, además con la consecuente perdida de productividad de los tocones para los ciclos venideros (agotamiento de tocones).

Se pudiera mediante seguimiento del bosque, desarrollar algún indicador como el presentado, estimar la máxima capacidad de soporte de retoños por tocón y el período de ocurrencia, mediante un análisis experimental para una condición determinada, se podría facilmente resolver el problema de la intensidad de clareo óptima desde un punto de vista biológico. Obteniendo funciones por especies, índice de sitio, y características del bosque que dió origen.

Los efectos en el desarrollo de los retoños, su altura promedio y diámetro, su volumetria final y la esperada, son las incognitas para la oportunidad de este clareo, variable importante en la decisión silvícola. La oportunidad, es de resolución más simple que la intensidad, y se encuentra en el caso del monte bajo altamente relacionada con la variable altura y sus incrementos. Así, haciendo un buen seguimiento de la altura se puede determinar cuando el crecimiento anual corriente se intercepta con el crecimiento medio, originando el punto de quiebre, determinando este punto la fecha máxima de intervención para el clareo, donde el efecto estimulante de la competencia por luz, disminuye hasta anularse.

Para el caso de **E. globulus**, en mediciones efectuadas en la V Región, el crecimiento inicial en altura es fuerte, y posee incrementos medios anuales de hasta 2,3 m a los 3 años y una tasa de incremento anual corriente decreciente a partir de los 2 años, punto en el cual el crecimiento en altura es máximo (Ribalta, 1983). El punto de quiebre de altura entre los incrementos medio anual y anual corriente se alcanza a los 3 años, en cuyo caso el clareo debiera efectuarse inmediatamente antes de esa fecha, desde un punto de vista biológico, y también probablemente económico al atrasar los gastos de intervención y disponerlos más cerca de la edad de cosecha, lo que representa una menor carga de intereses por este concepto.

INFOR

Tres grandes incognitas

Estas incognitas se relacionan con:

1. La continuidad o "establecimiento" del c iclo de corta de monte bajo depende de muchos factores, tales como: especie, caracteristicas dasométricas de los tocones, época, forma de cosecha, eficiencia en el corte mismo y manejo de residuos.

2. Intervenciones silvícolas (específicamente clareos) determinados por: la oportunidad y cantidad de retoños a dejar o extraer y la calidad de los retoños.

3. Crecimiento y desarrollo del monte bajo: Relacionado estrechamente con la edad de corta óptima para maximizar el beneficio, compatibilizando una situación, generalmente pasada (monte alto), sobre la que no se puede actuar (ya realizada), con los "n" futuros ciclos de corta de monte bajo. Estas evaluaciones se pueden desarrollar con el uso de modelos de optimización, como por ejemplo ROPEC (Alarcón y Fuenzalida, 1991), que determina las edades de corta e intervenciones óptimas, desde un punto de vista económico, siempre que se incorporen las funciones de crecimientos.

Es importante destacar que los puntos iniciales de decisión, para definir la estrategia de intervención, generalmente son: Especie-Bosque-Sitio. Analizando el comportamiento de las variables dendrométricas y dasométricas, tales como: altura por sobre el diámetro (efecto competencia).

Para finalmente apoyar a la decisión, a través de la definición del producto, mediante el conocimiento del mercado, cantidad, calidad, y valor final, estimando la rentabilidad final de la producción de bosque.

Considerando las incognitas del esquema anterior y los resultados de este seguimiento, el análisis se concentra en las mediciones efectuadas en el último control, donde se analizaron en detalle 22 variables (dendrométricas y dasométricas).

Las variables evaluadas fueron: altura de tocón (AT), diámetro de tocón (DT), altura del retoño 1, 2 y 3 (AR1, AR2 y AR3, respectivamente), diámetro de retoño 1, 2 y 3 (DR1, DR2 y DR3, respectivamente), número total de retoños (NR), área basal del retoño de mayor diámetro (ABRmd), diámetro del retoño promedio (DRP), diámetro del retoño de mayor altura (DRma), diámetro del retoño de mayor diámetro (DRmd), altura del retoño más alto (ARma), área basal del retoño medio (ABRm), área basal total de retoños (ABT), diámetro al cuadrado por la altura del retoño de mayor diámetro (D^2Hmd) y finalmente, volumen total de los retoños (VRT), volumen del retoño 1 y 2 (VR1 y VR2, respectivamente), volumen del tocón de máxima altura (VTma).

INFOR

El resumen del análisis estadístico y de comparación, se presenta en el Cuadro Nº 4.

Cuadro Nº 4.

PROMEDIOS DE LAS DIFERENTES VARIABLES ESTUDIADAS Y SU SIGNIFICACION ESTADÍSTICA.

VARIABLE	ESPECIES			
	E. delegatensis	E. globulus	E. nitens	E. regnans
Altura tocón (m)	0,24	0,24	0,33	0,26
Diámetro tocón (cm)	36,4ab	37,8ab	48,1a	30,4b
Total retoños (Nº)	4,9a	4,3ab	4,6a	2,4b
Altura retoño-1 (m)	7,9bc	9,0ab	10,7ab	6,6c
Altura retoño-2 (m)	7,0ab	8,5ab	9,6a	6,4b
Altura retoño-3 (m)	6,7b	7,6ab	10,0a	5,8b
Diámetro ret.-1 (cm)	6,2	6,9	9,3	6,3
Diámetro ret.-2 (cm)	5,0	6,2	7,5	6,0
Diámetro ret.-3 (cm)	4,4b	5,1b	7,6a	2,2b
Area basal retoño mayor diámetro (cm^2)	71,4	92,7	162,3	127,2
Diámetro retoño promedio (cm)	4,8	5,5	7,1	5,3
Diámetro retoño mayor altura (m)	6,3	6,9	9,4	8,5
Diámetro retoño mayor diámetro (cm)	6,2	6,9	9,3	6,3
Altura retoño más alto (m)	7,9bc	9,0ab	10,7a	6,6c
Area basal retoño medio (cm^2)	21,7	28,9	49,8	35,3
Area basal total retoños (cm^2)	1.153,0ab	1.289,3ab	1.971,8a	795,0b
D^2H retoño mayor diámetro (cm^3)	417,8ab	567,8ab	1.213,4a	360,3b
Volumen total retoños (cm^3)	0,03b	0,04ab	0,08a	0,04ab
Vol. retoño-1 (cm^3)	0,02ab	0,02ab	0,04a	0,01b
Vol. retoño-2 (cm^3)	0,01	0,01	0,02	0,01
Vol. tocón máxima altura (cm^3)	0,02ab	0,02ab	0,04a	0,01b

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

INFOR

Como se aprecia en el Cuadro Nº 4, las características dasométricas de los tocones (determinadas por la especie-sitio del bosque anterior) determinan que el **E. nitens** posee un mayor DT promedio sobre el resto de las especies, siendo distinto significativamente a **E. regnans.** A pesar, de observar una alta y positiva correlación entre el DT y NR por tocón (0,67), la capacidad de retoñación natural de la especie determina la cantidad de retoños por tocón bastante temprano. Posteriormente, interactua la adaptabilidad de la especie, determinando la definitiva capacidad de retoñación, como se aprecia en la Figura Nº 1.

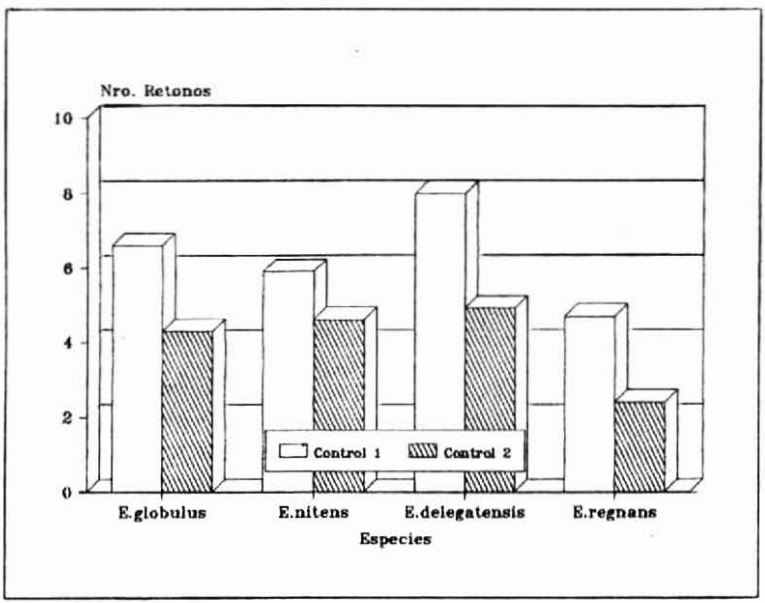


Figura Nº 1. **COMPARACION DEL NUMERO DE RETOÑOS POR ESPECIE SEGUN EL CONTROL.**

Un punto importante en la continuidad de los ciclos de monte bajo, se relaciona con la plasticidad y adaptabilidad de la especie al sitio, que en definitiva se refleja en su capacidad de resistencia a condiciones adversas, especialmente de clima, como son períodos de sequia, heladas, o frios intensos. Obviamente, singular importancia tiene la capacidad de retoñación natural de las distintas especies, que en el caso del **E. nitens** esta relacionada con la edad de cosecha del monte alto y su epoca (estación) de corta, según muestran estos resultados.

Así, para determinar la conveniencia de continuar con el monte bajo o volver a establecer una plantación nuevamente de monte alto, en el sitio, es una cuestión

INFOR

finalmente de evaluación económica. Sin embargo, la rentabilidad del **E. globulus**, medida en terminos de tasa interna de retorno (TIR) para un proyecto de producción de bosques con ambos ciclos, el monte bajo, hace aumentar desde un 18 ó 20% a 25 ó 28% este indicador. Situación que puede mejorar en forma significativa en el caso del **E. nitens** por su mayor rendimiento volumétrico detectado en los ensayos de introducción de especies, realizados por el INFOR. No es menos cierta la afirmación de algunos que "la mayor rentabilidad de la especie **Eucalyptus** frente a otras especies está determinada en gran medida por el monte bajo".

El manejo de los residuos después de la cosecha, junto a eficiencia en el corte de los arboles en la explotación, asegura una buena retoñación.

Por otro lado, las intervenciones silvícolas (clareo), deben realizarse de acuerdo a un análisis, considerando la variable más representativa de la necesidad de aplicación de intervención, que sería el desarrollo marginal de la altura.

La cantidad de retoños vivos por tocón a través del tiempo es producto de la interacción de un sin número de variables, que resumen su efecto en la capacidad de retoñación esperada (máxima cantidad de retoños que soporta el tocón, en un determinado tiempo). Esta cantidad de retoños tiene una alta relación, con el crecimiento en altura de los retoños. Así, la alta capacidad de retoñación sostenida en el tiempo determina una buena ventaja para el desarrollo en altura, determinando su efecto de competencia con alturas máximas bastante adecuadas, para **E. nitens** especialmente, como se aprecia en la Figura Nº 2.

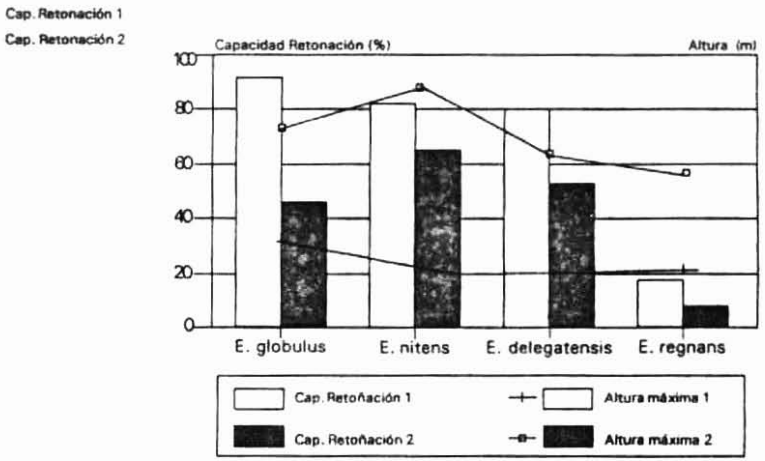


Figura Nº 2. **COMPARACION ALTURA MAXIMA Y CAPACIDAD DE RETOÑACION**

INFOR

Finalmente, el clareo, debe realizarse privilegiando los mejores árboles, cuya distribución es al azar dentro del tocón. Sin embargo, debería preferirse, si la cantidad y calidad de los retoños lo permite, dejar los originados de yemas epicórmicas, y los dispuestos en dirección de sotavento, para asegurar la sobrevivencia de los retoños.

Mediante análisis de las variables observadas, utilizando regresiones múltiples y step-wise se obtuvieron las relaciones que permiten estimar para esa zona en particular, el número de retoños por tocón para cada especie, utilizando solo la variable principal (Cuadro Nº 5) o un set de variables más completa, y una función de volumen de retoños para esa edad (Cuadro Nº 6).

Cuadro Nº 5.

FUNCIONES SIMPLES PARA EL Nº DE RETOÑOS (NR) POR ESPECIE.

ESPECIE	MODELO	(R^2)
E. globulus	$ln_{NR} = 0.034160 \times DT$	(92.1)
E. nitens	$ln_{NR} = 0.365516 \times ln_{DT}$	(86.7)
E. delegatensis	$ln_{NR} = 0.419395 \times ln_{DT}$	(90.0)
E. regnans	$ln_{NR} = 0.419395 \times ln_{DT}$	(90.0)

Cuadro Nº 6.

FUNCIONES MULTIPLES PARA EL Nº DE RETOÑOS (NR) POR ESPECIE.

ESPECIE EUCALYPTUS	MODELO	R^2
globulus	$ln_{NR} = 0.034160 \times DT$	(92.1)
nitens	$ln_{NR} = 1.096175 \times ln DRP - 0.0846190 \times DRma + 2.280065/ARma$	(93.0)
delegatensis	$ln_{NR} = 0.249699 \times ln_{DT} + 1.022435 \times ln_{DRP} + 1.004388 \times ln_{ARma} - 1.6485 \times DRma$	(95.1)
FUNCION PARA VOLUMEN DE RETOÑOS EN E. nitens:		
$ln_{VT} = -0.82960/NR - 0.94007 \times ln_{ARma} + 0.00464 \times DT + 0.13649 \times DRma - 22.3954 \times ARma + 8.735/ABT$		(96.0)

INFOR

CONCLUSIONES

Los resultados permiten observar que el **E. nitens** desarrolla tardiamente la capacidad de retoñación, estando probablemente determinada por la edad y época de retoñación, ya que en condiciones normales, como en la práctica realizada en el país, los árboles cosechados antes de los 10 años de edad no poseen esa capacidad. Merece ser estudiada esta variable de influencia notable por la alta rentabilidad que origina el monte bajo.

La época de corta o explotación del monte alto, parece ser fundamental, en el caso estudiado respecto a la capacidad de retoñación natural de esta especie, donde se cosecho tardiamente, según la opinión de los expertos, entre Enero y Febrero, casi en el límite de acumulación de nutrientes foliares que ocurre generalmente en Marzo, dando un buen resultado.

Una evaluación económica con las variables dadas de las condiciones de retoñación y volumetricas, permitiría disponer de los puntos de quiebre de rentabilidad del monte bajo y así poder comparar alternativas técnicas del negocio: como matar la cepa y volver a plantar (posición de algunas empresas), o bien si resultará más rentable el hecho de continuar con el bosque en ciclos de monte bajo, después de la cosecha de monte alto. No se debe olvidar que la realización económica aumenta substancialmente en el caso actual, por continuar con ciclos de monte bajo en **E. globulus ssp. globulus**.

RECOMENDACIONES

La altura de corte debiera ser la más alta posible sin sacrificar parte importante de la primera troza, para disminuir el efecto de heladas y frios extremos.

El corte del tocón debe ser en bisel y bien hecho (con motosierra), sin despegar la corteza para no dañar el cambium, donde se originan mayoritariamente los retoños.

La determinación de la oportunidad del clareo debe hacerse con antecedentes de seguimiento de altura, como el propuesto.

La intensidad también debiera efectuarse mediante un análisis de un indicador que relacione sitio-especie-caracteristicas de rodal de origen y capacidad de retoñación esperada final, junto a una evaluación económica que permita sensibilizar alternativas de productos.

Estimándose bajo este criterio la oportunidad de realizar el clareo debiera compatibilizar o conjugar tres efectos:

INFOR

-El estímulo de crecimiento en altura que provoca la competencia de los retoños (intra-tocón).

-El detectar la magnitud del estimulo y su duración.

-Detectar y anticipar el comportamiento del bosque en función del indice o capacidad de retoñación esperada.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Sr. Carlos Alvear S. por su colaboración y apoyo en el análisis estadístico de este estudio.

REFERENCIAS

Alárcon, C. y Fuenzalida, H. 1991. Modelo para Determinar la Edad de Rotación Económica y Rentabilidad en **Pinus radiata, Eucalyptus** y Pino Oregon. XII Taller de Ingenieria de Sistemas. Universidad de Chile.

Kramer, P.J. and Kozlowski, T. 1960. Physiology of Trees. McGraw-Hill Book Company Inc. 642 p.

Opie, J.E., Curtin, R.A. and Incoll, W.D. 1978. Stand Management. In: Eucalyptus for Wood Production (W.E. Hills and A.G. Brown. Eds.). CSIRO Australia. 434 p.

Ribalta, E.E. 1983. Evaluación de la Producción y Productividad del Monte Bajo de **Eucalyptus globulus**. V Región. Tesis Ing. Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Cs. Agrarias, Veterinarias y Forestales. Escuela de Ciencias Forestales. 124 p.

Turnbull, J.W. and Pryor, L.D. 1978. Choice of Species and Seed Sources. In: Eucalyptus Wood Production (W.E. Hills and A.G. Brown. Eds.). CSIRO Australia. 434 p.

INFOR

ALGUNOS FACTORES QUE AFECTAN LA ACTIVIDAD DEL HERBICIDA GLIFOSATO APLICABLES A SITUACIONES FORESTALES

Marcelo Kogan A. (*)

RESUMEN

El trabajo entrega una descripción y caracterización del herbicida glifosato y de los factores que condicionan su efectividad, tanto en lo que se refiere a aspectos climáticos y edáficos como a aquellos dados por las malezas a controlar, los volúmenes, las concentraciones, los coadyuvantes y la aplicación misma.

De acuerdo a las variables mencionadas, se analizan los resultados obtenidos en el control de las principales malezas que componen la vegetación competidora con los cultivos agrícolas y forestales en el país.

(*) Ingeniero Agronomo. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Catolica de Chile. Cas. 306 Santiago.

INFOR

INTRODUCCION

Glifosato se ha transformado en un producto extremadamente importante desde su introducción experimental a Chile en 1972. Desde ese momento adquirió un rol preponderante en el control de las malezas perennes. En los últimos años la imperiosa necesidad de controlar las malezas en las plantaciones de eucalipto lo ha situado como el principal herbicida. Presenta una estructura molecular simple, relativamente alta solubilidad (12.000 ppm) y un pequeño peso molecular comparado con la mayoría de los herbicidas. Lo que comúnmente se denomina como glifosato es la sal isopropilamina de glifosato [(Sal isopropil) amina del ácido N-(fosforo-metil glicina)].

Una vez que el glifosato es absorbido, no es fácilmente degradado por las plantas. Así, puede mantener su acción fitotóxica mientras se transloca a diferentes partes de las malezas. Esto favorece el control de malezas que presentan arraigamiento profundo o que producen propágulos vegetativos, como son los rizomas o tubérculos y en algunos casos raíces con yemas endógenas.

Glifosato es un herbicida de postemergencia que posee propiedades asociadas con una gran actividad herbicida, inmensa capacidad de translocarse y de destruir los propágulos de las malezas tratadas.

Las hojas y partes fotosintéticamente activas constituyen los principales órganos de intercepción y absorción. La presencia de cutícula y en particular de ceras externas (ceras epicuticulares) constituyen una barrera para la absorción foliar. Sin embargo, la presencia de surfactantes en la formulación comercial del producto ayuda al paso del glifosato por esa barrera.

Numerosos estudios, en diferentes especies, demuestran que este herbicida se transloca efectivamente en las plantas tratadas. Se ha observado, en algunos casos, translocación apo-simplástica. A pesar que, el principal tipo de translocación es por el simplasto, o sea, principalmente por el floema y otros tejidos vivos.

En general, la translocación simplástica en especies anuales ocurre desde las hojas hacia los puntos de crecimiento aéreos y subterráneos. En especies perennes las reservas de carbohidratos son consumidas durante el crecimiento

INFOR

inicial de la planta y recuperadas posteriormente. El mayor movimiento de los asimilados ocurre desde los órganos con reservas acumuladas, hacia las hojas nuevas. Aplicaciones de glifosato en especies perennes en el inicio de la floración permitirán que mayores cantidades del herbicida sean translocadas a las partes subterráneas, gracias al movimiento simplástico de los carbohidratos desde las hojas fisiológicamente activas. La translocación hacia los órganos subterráneos es relativamente rápida, comparada con otros herbicidas. Son necesarias, apenas, 24 horas para que ocurra la acumulación de glifosato a niveles tóxicos en el sistema subterráneo de malezas perennes como **Sorghum halepense.**

El glifosato es un herbicida no selectivo, por lo tanto afecta a la gran mayoría de las especies. Los síntomas visibles en la mayoría de las malezas anuales se pueden apreciar entre 2 a 4 días luego de la aplicación. Sin embargo, en las malezas perennes los síntomas aparecen 7 días o más luego de la aplicación, siendo común que el efecto se observe después de la segunda a cuarta semana de la aplicación. Si luego de la aspersión la temperatura es baja (menos de 10° C) y los días nublados, el efecto visual de control se atrasa más allá de los límites indicados.

La vida media del glifosato en el suelo es corta. Rápidamente se degrada por la acción de microorganismos (vida media menor de 60 días) y es también fuertemente adsorbido, siendo inactivado al formar complejos con fierro y aluminio en el suelo. La presión de vapor y la fotodescomposición son elementos marginales.

Todos los herbicidas que llegan a la etapa comercial han mostrado poseer un determinado nivel de efectividad que los hace competitivos con los herbicidas ya existentes. Sin embargo, para que ellos muestren su actividad potencial deben ser aplicados correctamente. En este sentido la aplicación, ya sea la calibración, dosificación o aplicación propiamente tal, en un número importante de casos son la principal causa de fracasos en el control de malezas. Además de la aplicación propiamente tal, existen una serie de factores no controlables y controlables por el hombre que pueden afectar la actividad del glifosato. Dentro de los primeros se pueden citar los ambientales, como la temperatura, la humedad relativa y la luminosidad y, dentro de los segundos, la dosis, el estado de desarrollo de las malezas, el volumen de la aplicación, el pH de la solución herbicida, la dureza del agua y el uso de coadyuvantes, son algunos de los factores importantes que se deberían considerar.

DOSIS Y OPORTUNIDAD DE APLICACION

Las dosis y el estado de la maleza al momento de la aplicación determinan,

INFOR

sin lugar a dudas, el nivel de control. Con relación al momento de aplicación, se puede indicar que, en general, las malezas anuales son más sensibles al glifosato en sus primeros estados de desarrollo, 2 - 4 hojas (5-15 cm de altura). En la medida que las malezas se acercan a la etapa reproductiva son más resistentes y por ende se requerirá de una dosis mayor. A pesar que el glifosato presenta un amplio espectro, controlando la gran mayoría de las especies anuales, existen algunas muy sensibles (**Setaria spp., Echinochloa crusgalli , Poa annua, Eragrostis sp., Brassica spp., Ipomoea sp.)**, otras de sensibilidad intermedia (**Digitaria sanguinalis, Avena fatua, Panicum spp., Chenopodium album, Amaranthus retroflexus**), resistentes (**Geranium spp., Oenothera sp., Polygonum aviculare, Erodium spp.,**) y dentro de las muy resistentes se puede citar a la familia Malvaceae (**Malva nicaensis**). En el caso de las malezas bienales o perennes simples, el control con herbicidas sistémicos, como es el glifosato, debería realizarse durante el estado de "roseta" antes que emitan el tallo floral Ej: **Echium spp.**, y **Chichorium intybus** (Achicoria).

En el caso de las malezas perennes herbáceas el glifosato deberá aplicarse cuando ocurra el máximo movimiento de hidratos de carbonos hacia los órganos subterráneos y exista suficiente superficie foliar para asegurar así la entrada de la mayor cantidad posible de herbicida. En general se puede indicar que, antes de la floración, a los 35-40 días luego de la emergencia, hay suficiente follaje y una alta relación follaje/parte subterránea. En la medida que la maleza envejece dicha relación disminuye notablemente. Esto es efectivo para varias especies perennes complejas herbáceas, como **Sorghum halepense, Bidens aurea, Convolvulus arvensis, Cyperus rotundus**, etc.

En el caso de malezas leñosas arbustivas, como **Teline monspessulanus** y **Rubus contrictus**, el glifosato se deberá aplicar cuando las plantas se encuentran en activo crecimiento y presentan gran parte de su follaje totalmente extendido. Así, las aplicaciones realizadas en el verano u otoño (cuando aún las hojas están verdes) serán generalmente las más efectivas, debiéndose esperar por lo menos 7 días antes de rozar la vegetación sobre la que se aplicó. La dosis de glifosato será función de la especie, de la época y estado de desarrollo de la maleza. La murra, por ejemplo, puede ser controlada con 2,0 kg de glifosato por hectáreaa y, para lograr un control adecuado de retamillo, se requerirá de por lo menos 3,0 - 4,0 kg de glifosato por hectárea.

VOLUMEN DE AGUA

El agua no cumple otra función que ser el medio conductor de los herbicidas, para poder distribuirlos en forma uniforme sobre una determinada superficie. El

INFOR

volumen a usar por hectárea dependerá del modo de acción de los herbicidas, del tipo y desarrollo de las malezas y del equipo de aplicación.

En el caso de glifosato se ha demostrado que volúmenes relativamente bajos ofrecen una mayor actividad del producto (Cuadros Nºs 1 y 2) y, en la medida que se aumenta el volumen de agua, se produce una exagerada dilución del surfactante que trae la formulación del herbicida. No se debe desconocer que Roundup contiene 480 g/L de la sal isopropilamina de glifosato y 180 g/L de un surfactante no-iónico. Volúmenes menores son normalmente acompañados por una reducción del tamaño de la gota, lo que permite mayor retención. Además las gotas presentarán una mayor concentración de surfactante. Así, se ha determinado que al usar volúmenes relativamente altos como son 375 y 730 L/ha, se pierde, por escurrimiento desde las hojas, un cuarto o la mitad del volumen asperjado.

Cuadro Nº 1

CONTROL DE *Convolvulus arvensis* (correhuela) CON GLIFOSATO APLICADO CON DIFERENTES VOLUMENES (Sandberg et al., 1978).

Dosis glifosato	Volumen de aplicación (L/ha)			
(kg/ha)	93	186	280	560
	(% control)			
0,56	17	13	10	10
0,84	33	33	17	13
1,68	60	69	47	13
3,36	99	96	75	67

INFOR

Cuadro Nº 2

CONTROL DE Elymus repens (agropiro) CON GLIFOSATO APLICADO CON DIFERENTES VOLUMENES (Sandberg et al., 1978)

Dosis glifosato	Volumen de aplicación (L/ha)		
(kg/ha)	140	280	560
	(% control)		
0,84	60	50	23
1,12	82	57	33

Kogan y Espíndola (1993) evaluaron el efecto de volúmenes de 15 L/ha (aplicación con CDA); 100, 200 y 600 L/ha (aplicación convencional) en la actividad del glifosato (1,92 y 2,88 kg/ha) sobre una mezcla de **Cyperus rotundus** y **C. esculentus**. Las aplicaciones se realizaron con plantas de 9na y 11^{ava} hojas. Se evaluó el % de control, número de rebrotes a los 30, 45 y 60 días luego de las aplicaciones. En la parte subterránea se evaluaron el peso, número y porcentaje de brotación de los tubérculos extraídos desde el suelo a los 75 DDA. El porcentaje de control, fue siempre mayor con la dosis de glifosato de 2,88 kg/ha que con 1,92 kg/ha independiente del volumen. El glifosato aplicado con 15 L/ha (CDA) produjo, en general, un menor control visual, a los 45 DAT, que al usar volúmenes mayores con equipo convencional (Cuadro Nº 3). Sin embargo, la capacidad de rebrote de las plantas tratadas con 15 L/ha fue menor (Cuadro Nº 4). Se observó que a un mayor volumen de aplicación se produjo un mayor número de rebrotes. Con relación a la parte subterránea se pudo determinar que el mayor efecto, medido a través del número y viabilidad de los tubérculos se logró con los volúmenes de 15 L/ha y 200 L/ha (Cuadro Nº 5).

INFOR

Cuadro Nº 3

PORCENTAJE DE CONTROL DE CHUFA CON GLIFOSATO APLICADO CON DISTINTOS VOLUMENES (Kogan y Espínola, 1993)

Tratamiento		Control parte aérea DDA (1)	
Volumen (L/ha)	Glifosato (Kg/ha)	30	45
		(%)	
Testigo	-----	0,0 a	0,0 a
15	1,92	44,3 b	45,8 b
15	2,88	56,3 c	58,4 c
100	1,92	44,7 b	47,9 b
100	2,88	71,3 de	71,2 d
200	1,92	68,7 d	67,5 cd
200	2,88	79,0 e	80,5 e
600	1,92	68,3 d	66,9 c
600	2,88	75,0 e	75,1 de

(1) Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos (Duncan 0,05).

Cuadro Nº 4

NUMERO DE REBROTES DE CHUFA, LUEGO DE 45 Y 60 DIAS DE LA APLICACION DE GLIFOSATO CON DISTINTOS VOLUMENES (Kogan y Espínola, 1993)

Tratamiento		Capacidad de rebrote DDA (1)	
Volumen (L/ha) (Kg/ha)	Glifosato	45	60
		(Nº/m²)	
Testigo	-----	85,6 b	500,0 d
15	1,92	30,0 a	92,2 ab
15	2,88	25,6 a	70,0 a
100	1,92	25,6 a	114,4 bc
100	2,88	22,2 a	92,2 ab
200	1,92	30,0 a	118,9 bc
200	2,88	22,2 a	92,0 ab
600	1,92	36,7 a	152,2 c
600	2,88	30,0 a	122,2 bc

(1) Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos (Duncan 0,05).

INFOR

Cuadro Nº 5

PORCENTAJE DE BROTACIÓN DE TUBÉRCULOS MADUROS DE PLANTAS DE CHUFA COSECHADOS A LOS 75 DIAS LUEGO DE LA APLICACIÓN DE GLIFOSATO CON DISTINTOS VOLÚMENES (Kogan y Espínola, 1993)

Tratamientos		Capacidad de brotación
Volumen (L/ha)	Glifosato (Kg/ha)	(%) (1)
Testigo	------	70,0 a
15	1,92	13,3 abc
15	2,88	10,8 ab
100	1,92	19,2 cd
100	2,88	15,0 bcd
200	1,92	15,8 bcd
200	2,88	8,3 a
600	1,92	20,0 d
600	2,88	16,7 bcd

(1) Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos (Duncan 0,05).

En general se puede indicar que al usar equipos de gota controlada (CDA = controlled drop application), tanto manuales (terrestres) o aéreos (helicóptero o avión) se deberían preferir volúmenes de 12-15 L/ha. Con equipos convencionales terrestre los volumen no deberían exceder los 200 L/ha. Con los equipos CDA, aplicando bajos volúmenes, se ha logrado una mayor eficiencia en el uso de glifosato para el control de malezas perennes (Kogan y Díaz, 1984). Con las aplicaciones del tipo CDA se logra un tamaño de gota uniforme (250 µm), un mayor número de gotas por unidad de superficie foliar y gotas con una mayor concentración de glifosato, todo esto lleva a que la actividad del glifosato pueda aumentar hasta en un 25-30%. De ahí que en muchos casos, al usar equipos CDA, se pueda disminuir la dosis de glifosato en un 25-30%.

En general gotas más grandes, a las que en promedio asperja un equipo convencional, penetran mejor la canopia, logrando alcanzar el interior de malezas frondosas (Buhler y Burside, 1987).

INFOR

CALIDAD DEL AGUA (PRESENCIA DE CATIONES)

Existen un sin número de trabajos en la literatura en los que se ha tratado de correlacionar la actividad del glifosato con la presencia de iones en el agua que servirá para aplicar el herbicida.

Debido a las múltiples cargas negativas del glifosato, podría formar compuestos estables (quelatos) con cationes divalentes y trivalentes en soluciones acuosas (Subramanian y Hoggard, 1988). La quelación extracelular de cationes con el glifosato podría ser depresiva para su actividad herbicida. Sin embargo, las respuestas son variadas, encontrándose casos en los que calcio, fierro y aluminio redujeron la actividad del herbicida. Zinc produjo un menor efecto, magnesio sólo un ligero efecto, mientras que potasio y sodio no afectaron la actividad del glifosato.

Nalewaja y Matsysiak (1991) realizaron un bioensayo con plantas de trigo, bajo condiciones de invernadero. Los tratamientos se realizaron con una dosis de 270 g/ha de glifosato, la que se aplicó con un volumen de 160 L/ha. Se probaron varias sales de calcio, zinc, fierro y magnesio (sulfato, carbonato, nitrato y cloruro) en una concentración de 0,02 M del catión. Los distintos experimentos indicaron en general que calcio, magnesio, sodio y fierro en la solución con glifosato, redujeron su fitotoxicidad. Estos autores, en contraposición a lo señalado por Stahlman y Phillips (1979), reportaron que los aniones fueron importantes para superar el antagonismo presentado por los cationes. El orden de eficacia de los aniones, para superar el antagonismo de los cationes, fue: sulfato, bisulfato, fosfato y citrato > nitrato y cloruro > acetato. Los aniones polivalentes fueron más efectivos que los aniones monovalentes para superar el antagonismo entre glifosato y los cationes.

Los autores concluyen que las diferencias en el antagonismo de sodio, calcio y fierro con glifosato puede relacionarse con la habilidad de estos cationes para asociarse con glifosato. Una solución herbicida con un pH bajo podría prevenir tales asociaciones, sin embargo, se requiere de un pH inferior a 2 para la completa protonación de la molécula de glifosato. En el mismo estudio encontraron que al añadir sulfato diamónico se supera el antagonismo de glifosato con la sal de calcio, lo cual podría deberse a la remoción del catión por la formación de sulfato de calcio. También se ha pensado que al adicionar sulfato de amonio a la solución herbicida, se podría ayudar a superar la posible pérdida de actividad del glifosato al ser asperjado con aguas duras (Buhler y Burnside, 1987; Costa y Appleby, 1986). También otros autores han agregado que para el caso de calcio la reducción de la actividad del glifosato debido a la presencia del catión, estaba relacionada con la concentración del calcio y con el volumen de agua utilizado para asperjar el glifosato. Se determinó que el calcio no era problema si el volumen utilizado fue de 190 L/ha o menor, siempre que la concentración de $CaCl_2$ fuera 0,02 M o menor (Sandberg **et al,** 1978). También

INFOR

Buhler y Burside (1983) demostraron que la calidad del agua podría afectar la actividad del glifosato y que este efecto podría reducirse o eliminarse disminuyendo el volumen de aplicación de 190 L/ha a 24 L/ha.

Los trabajos de Costa y Appleby (1986) en **Cyperus esculentus** no demostraron diferencias estadísticas al aplicar glifosato (2,2 kg/ha) con 0 y 200 ppm de Calcio ($CaCl_2$). Sólo observaron una ligera tendencia a una reducción del efecto del glifosato. De la misma forma Hensley **et al.** (1978), no observaron efecto de inactivación con $CaCl_2$, NaCl y KCl, ni de $FeCl_3$ sobre el glifosato. Por su parte Wills y Mc Whorter (1985) demostraron que los cationes divalentes y trivalentes no causaron ningún efecto o disminución en la efectividad del glifosato en **Cyperus rotundus** (chufa púrpura). Sin embargo, los cationes monovalentes incrementaron la actividad del herbicida.

Con el objeto de determinar el efecto del catión Ca++ sobre la acción del glifosato, Olate **et al.** (1992), realizaron dos bioensayos en cámara de crecimiento, utilizando plantas de avena (**Avena sativa**), en estado de tres hojas, y semillas de sorgo híbrido (**Sorghum vulgare x S. sudanense var. sudax**). En ambos trabajos se aplicaron diferentes concentraciones del catión y del glifosato. En el bioensayo de la avena se estudiaron 0; 50; 100 y 150 ppm de Ca++ y $3,3 \times 10^{-3}$ M (0,168 kg i.a./ha); $1,89 \times 10^{-2}$ M (0,96 kg i.a./ha) de glifosato. En el caso de la avena, cuando las terceras hojas de las plantas nuevas alcanzaron $6,75 \pm 0,69$ cm de altura, recibieron una microgota de cada tratamiento. En el bioensayo de sorgo la concentración de Ca++ fue 4,52; 9,2; 18,2; 36,28 y 72,64 ppm y del glifosato $0,66 \times 10^{-4}$ M (0,00335 kg i.a/ha); $1,30 \times 10^{-4}$ M (0,0066 kg i.a/ha); $2,70 \times 10^{-4}$ (0,0137 kg ia/ha); $5,30 \times 10^{-4}$ M (0,0269 kg i.a./ha); $11,00 \times 10^{-4}$ M (0,0558 kg i.a./ha) y $21,00 \times 10^{-4}$ M (0,1065 kg i.a./ha). Se midió el desarrollo de la radícula del sorgo para cada tratamiento. Para la estimación de la dosis de glifosato equivalente/ha, se consideró un volumen de aplicación de 300 L/ha. En ambos casos se ocuparon testigos sin Ca++ y sin glifosato.

Los resultados obtenidos permiten señalar que ninguno de los niveles de calcio (tanto en avena como en sorgo) produjo una disminución o aumento en la actividad de glifosato en cada una de las dosis utilizadas, a pesar que se observó una clara respuesta de las especies "test" a las distintas dosis de glifosato (Cuadro Nº 6 y Figura Nº 1).

INFOR

Cuadro Nº 6

CRECIMIENTO PROMEDIO DE LA LAMINA DE LA TERCERA HOJA DE PLANTAS DE AVENA UNA SEMANA DESPUÉS DE LA APLICACION DE LOS TRATAMIENTOS DE ROUNDUP CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE CALCIO
(Olate, Varela y Kogan, 1992)

Calcio (mg/L)	Roundup (L/ha) (1)				
	0,00	0,35	0,75	1,50	2,00
	(cm)				
0	14.229 (2)	2.693 ab	2.199	1.740	1.229
50	14.229	3.008 ab	2.067	1.715	1.933
100	14.229	2.365 a	2.343	1.879	1.558
150	14.229	3.611 b	2.256	1.924	1.604

(1) Dosis equivalente por hectárea considerando un volumen de aplicación de 300 L/ha.

(2) Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0,05$).

PERIODO LIBRE DE PRECIPITACIONES (PLP)

El período libre de precipitaciones luego de la aplicación de herbicidas al follaje de las malezas es sumamente importante. Lluvias que ocurran después de la aplicación podrán producir un lavado del glifosato.

Según la literatura el glifosato y sulfosato requieren de por lo menos 4 horas de PLP (Figura Nº 2), pudiéndose apreciar, además, el efecto del factor dosis. Al usar dosis menores el efecto de un mismo PLP es mucho más drástico sobre la actividad de los herbicidas.

INFOR

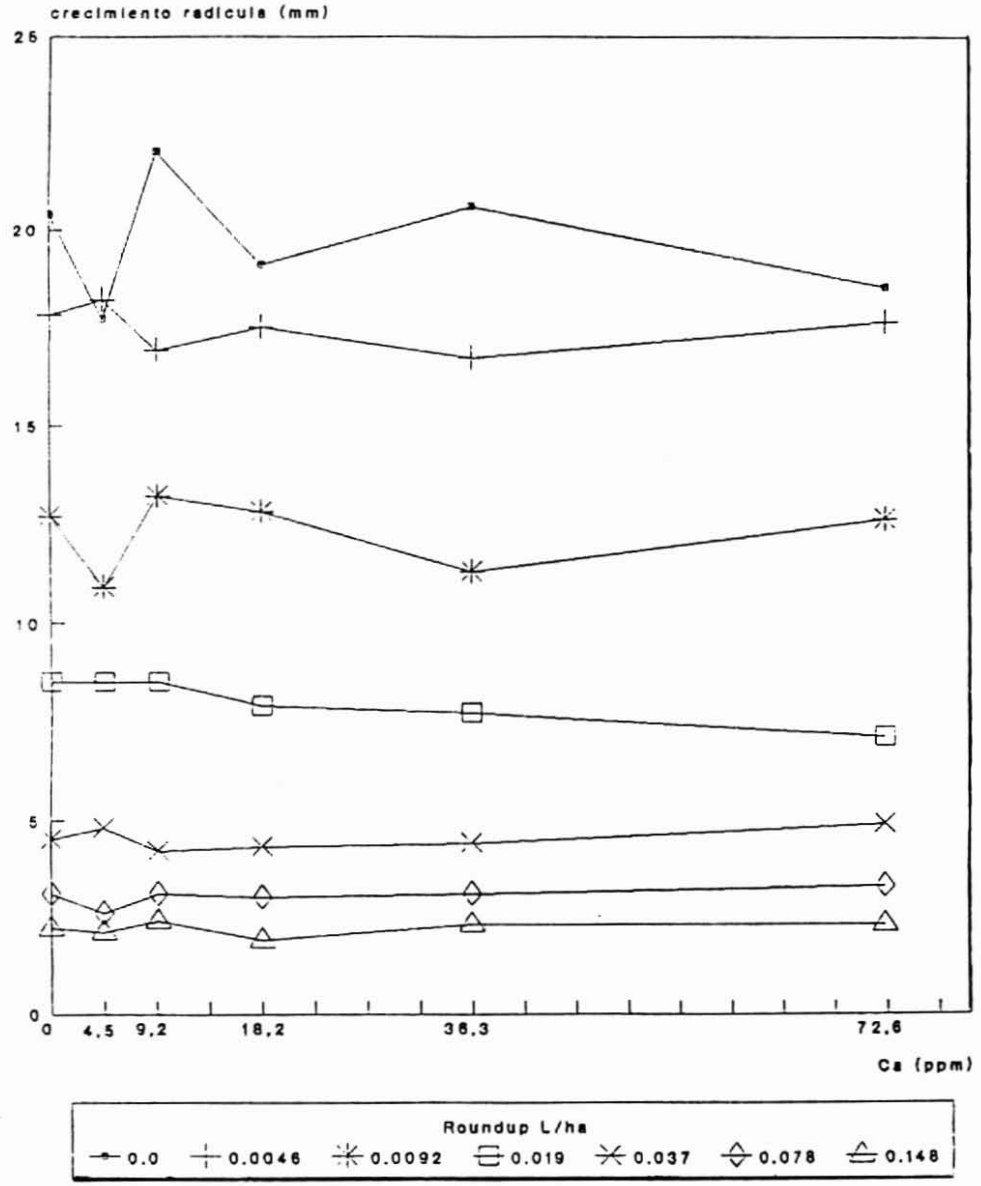


Figura Nº 1. **EFECTO DEL CALCIO PRESENTE EN LA SOLUCION HERBICIDA SOBRE LA ACTIVIDAD DE DISTINTAS DOSIS DE GLIFOSATO EN EL CRECIMIENTO DE LA RADICULA DE SEMILLAS DE SORGO (Olate, Varela y Kogan, 1992).**

INFOR

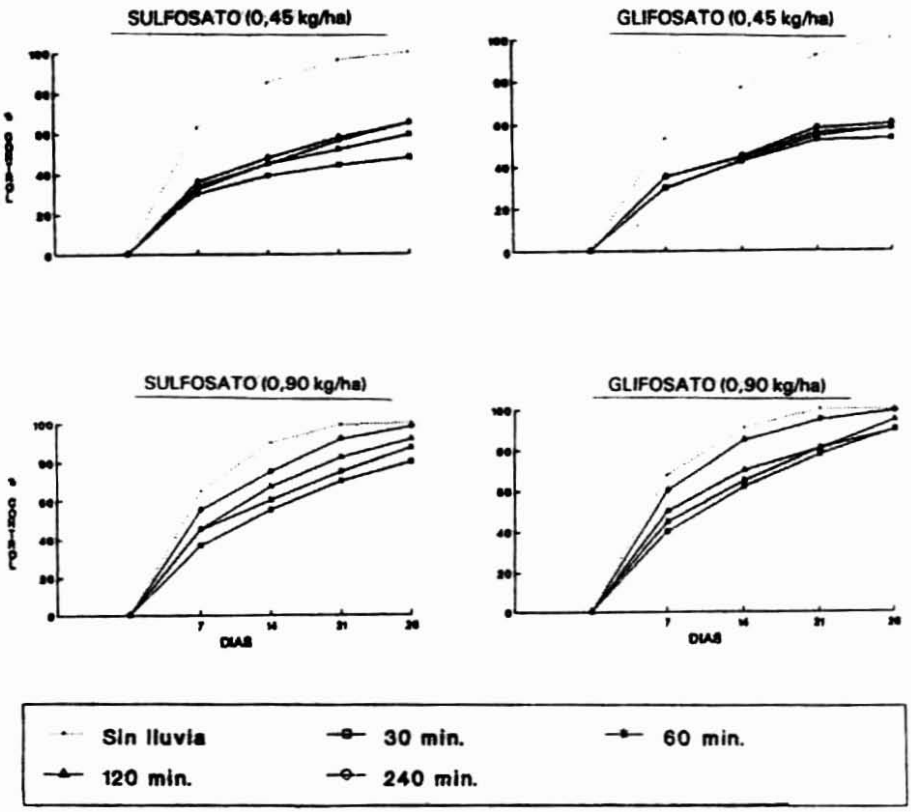


Figura Nº 2 **CONTROL (%) DE MAICILLO PROVENIENTE DE SEMILLAS CON DIFERENTES DOSIS DE GLIFOSATO Y SULFOSATO SOMETIDOS A DIFERENTES PLP (Adaptado de Bryson, 1988).**

Sin embargo, el PLP así determinado puede ser diferente si se trata de otra maleza más resistente a ese herbicida, como es el caso de la chufa.

Al analizar aspectos relacionados con el PLP, es necesario, como ya se indicó, considerar la especie de maleza en cuestión. Si se trata de malezas perennes, será lógico estudiar el efecto del herbicida sometido a diferentes PLP, sobre la capacidad de propagación de la especie y no sólo considerar el efecto visual ("cosmético") que el herbicida produce en la parte aérea. Así, en la Figura Nº 3 se presenta el efecto de diferentes PLP (lluvia simulada de 12,5 mm) en la actividad del glifosato sobre la brotación de los tubérculos de las plantas de **Cyperus rotudus**.

INFOR

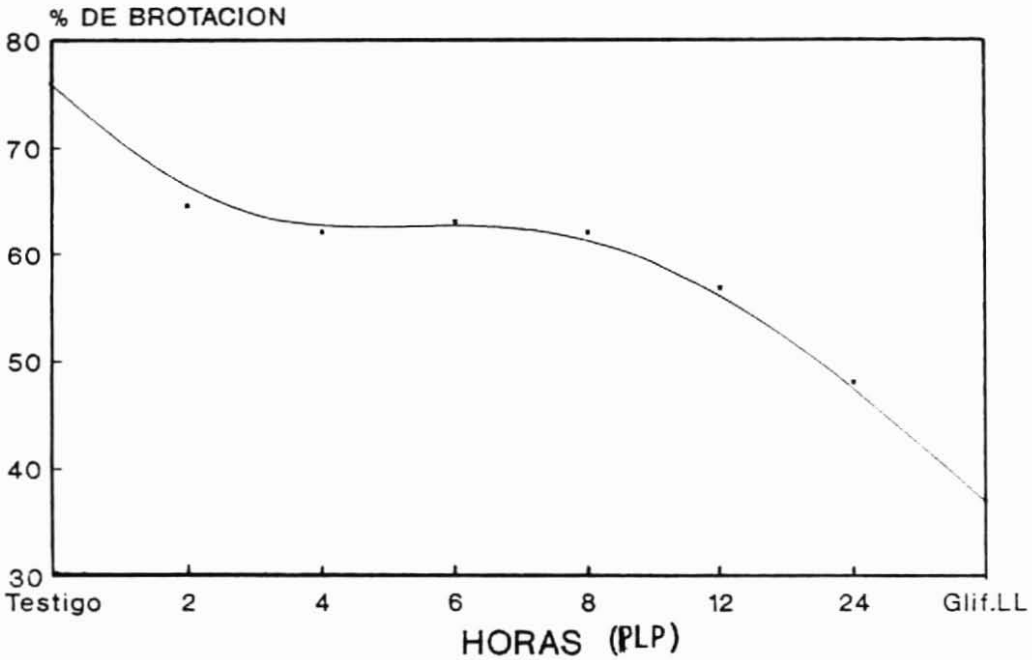


Figura Nº 3 **EFECTO DEL GLIFOSATO (1,92 kg/ha) APLICADO SOBRE CHUFA DE 9-11 HOJAS, SOMETIDA A DIFERENTES PLP. DETERMINACION DE LA BROTACION DE TUBÉRCULOS 45 DDA. GLIF. LL = GLIFOSATO SIN LLUVIA POSTERIOR A LA APLICACIÓN (Kogan, Fernández y Wenzel, 1992).**

Como se puede ver en la Figura Nº 3 el glifosato requirió de un PLP de 24 horas para afectar de una manera importante la brotación de los tubérculos. Sin embargo, el efecto fue menor que cuando el glifosato no recibió lluvia luego de la aplicación. El efecto sobre el crecimiento aéreo de la chufa se ilustra en la Figura Nº 4. Se puede ver que desde un punto de vista de control visual, 6-8 horas de PLP fueron suficientes para que el glifosato afectase de una manera importante el crecimiento aéreo. Sin embargo como se discutió, el control de los propágulos vegetativos, que debería ser la finalidad perseguida, requirió de un PLP como mínimo de 24 horas.

INFOR

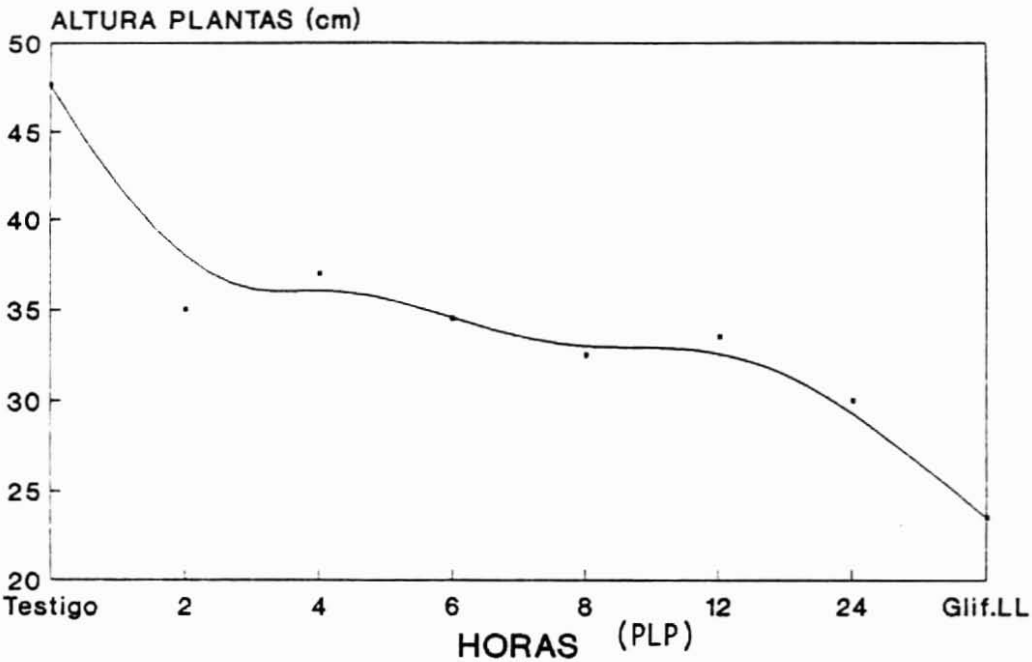


Figura Nº 4 **EFECTO DE GLIFOSATO (1,92 kg/ha) APLICADO SOBRE CHUFA DE 9-11 HOJAS, SOMETIDO A DIFERENTES PLP. DETERMINACION REALIZADA A 45 DDA. GLIF. LL = GLIFOSATO SIN LLUVIA POSTERIOR A LA APLICACION (Kogan, Fernández y Wenzel, 1992).**

En este mismo trabajo los autores utilizaron una dosis mayor, 2,88 kg glifosato/ha. Independiente de la dosis, al analizar diferentes parámetros: floración, altura, producción materia seca, producción de tubérculos, porcentaje de brotación de los tubérculos y longitud del brote de estos; se pudo constatar que el glifosato requirió un PLP que fluctuó entre 12 y 24 horas para manifestar su potencial herbicida. Siempre se observó una mayor actividad del glifosato al aumentar el PLP, inclusive el tratamiento con glifosato que no recibió lluvia luego de la aplicación fue siempre el más efectivo.

INFOR

COADYUVANTES

Los coadyuvantes son sustancias que facilitan la acción de un herbicida o modifican las características de la formulación del mismo.

Dentro de los coadyuvantes, lo más nombrados son los surfactantes, que son agentes hipotensores y como tales actúan a nivel de la superficie foliar y de la gota de agua, produciendo el acercamiento de ambas.

Más del 80% de los herbicidas que se encuentran en el mercado de EUA contienen surfactantes. Según la propiedad predominante los surfactantes pueden ser: Humectantes/hipotensores, Extensores, Adherentes, Estabilizadores (emulsificadores y dispersantes) y Detergentes.

Sin embargo, en general, cualquier surfactante exhibe más de una o todas las propiedades indicadas, siendo todos hipotensores, pero caracterizándose por una de las propiedades que sobresale. Según la naturaleza electroquímica los surfactantes pueden ser aniónicos, catiónicos, no-iónicos y anfotéricos. Siendo los no-iónicos los usados con herbicidas.

A pesar que los surfactantes pueden ejercer un efecto importante en algunas situaciones, se debería tener en cuenta las siguientes consideraciones antes de decidir el uso de un hipotensor u otro activador.

- Un surfactante puede incrementar la actividad de un herbicida sobre una determinada maleza y no en otras o puede incrementar la actividad de un determinado herbicida sobre una maleza y no la de otros productos.

- La mayoría de las formulaciones de herbicidas contienen surfactantes.

- En la mayoría de los casos de control deficiente con glifosato, la adición o no de surfactantes no ha sido la causa de tal hecho, sino que uno o varios de los siguientes factores:

  a. Calibración, dosificación del equipo y aplicación propiamente tal defectuosa.

  b. Dosis no acorde al problema.

  c. Volumen de aplicación inadecuado.

  d. Estado de aplicación ("oportunidad biológica") no óptima.

  e. Malezas estresadas al momento de la aplicación, etc.

INFOR

De las consideraciones antes mencionadas se desprende que antes de disminuir la dosis del glifosato, porque supuestamente la adición de un surfactante aumentaría la actividad y así se obtendría el mismo o mejor control, se deberá disponer de resultados de investigación con fundamentos científicos para esa determinada situación.

En muchas oportunidades se cree que para conseguir una adecuada actividad del glifosato se le debe agregar surfactante. Sin embargo, no siempre se logra el mayor efecto esperado. La respuesta, además de depender de la especie de maleza, dependerá del volumen de agua y de la dosis. Al usar dosis 1 L/ha de Roundup o producto equivalente, lo que equivale a 480 g de glifosato/ha, será necesario suplementar la aplicación con la adición de un surfactante no-iónico. En general los volúmenes que se usan en aplicaciones terrestres son mayores a los óptimos. Se considera como óptimo para aplicaciones terrestres 200 L/ha, de modo que si asperjásemos 400 L se diluiría la concentración del surfactante que trae la formulación en dos veces, de 0,09% disminuirá 0,045%.

La adición de surfactantes o compuestos polares puede tener un marcado efecto en la penetración del herbicida. Sin embargo, el rol que cumple el surfactante específicamente para cada caso es complejo y muy poco entendido. Quizás el efecto más importante es sobre la tensión superficial. En general, al aumentar la concentración de un surfactante la tensión superficial disminuye hasta un punto (Concentración Micelar Crítica = CMC) después del cual no se logra bajar más la tensión, aunque se agregue más surfactante. Los surfactantes más efectivos presentan una CMC de 0,01 a 0,5% (Osipow, 1964). Sin embargo, no se debería descartar que mayores concentraciones podrían además solubilizar las grasas o ceras de la cutícula (Furmidge, 1959; Parr y Norman, 1965), lo que en algunos casos justificaría el uso de concentraciones relativamente grandes de surfactantes.

En el caso del glifosato es común que muchos usuarios utilicen surfactantes. Sin embargo, los antecedentes que existen en la literatura no son concluyentes y por el contrario muy variados. Es por ello que no se presentarán los cientos de artículos que se refieren a este tema. En algunos casos la adición de un surfactante muestra un incremento del control y en otros su efecto es marginal o no ocurre del todo. Debido a que normalmente se usan volúmenes de aplicación exagerados (mayores a 200 L/ha), se podría pensar que en muchas ocasiones la adición de surfactante restituye la concentración óptima, la que se lograría al usar un volumen de agua adecuado.

Con el objeto de cuantificar el posible efecto de diferentes surfactantes no-iónicos y siliconados sobre la actividad del glifosato (G) se realizó un trabajo experimental usando maicillo (**Sorghum halepense L. Pers.**) como maleza. Se usó

INFOR

una dosis única; 1 y 2 kg de glifosato/ha en 200 L de agua. Se comparó una serie de surfactantes en sus dosis comerciales. Dentro de ellos los más importantes fueron Triton AG-44M (T^1), Triton B 1956 (T^2); Unifilm B (UB); Unifilm 707 (U7); Stik (st); Galactic (gt) y Pulse (Ps). Se incluyeron además dos tratamientos testigos, uno sin aplicación de glifosato y el otro con aplicación de glifosato y sin los surfactantes. Seis y ocho horas después de aplicado cada tratamiento se simuló una lluvia 12,5 mm, dejando para cada producto un tratamiento que no recibió lluvia. Los resultados indicaron que no existió un gran efecto de los surfactantes sobre la actividad del glifosato, al no ocurrir lluvia luego de las aplicaciones. En tanto, sí se pudo determinar un importante efecto cuando luego de la aplicación se simuló una lluvia. Sin embargo, no todos los surfactantes produjeron el mismo efecto. En las Figuras Nºs 5 y 6 se presentan los resultados sobre el crecimiento de la parte aérea del maicillo (35 días luego de la aplicación) y sobre el potencial de propagación de cada planta de maicillo, a través de la estimación de las plantas potenciales a partir de los rizomas producidos por las plantas tratadas.

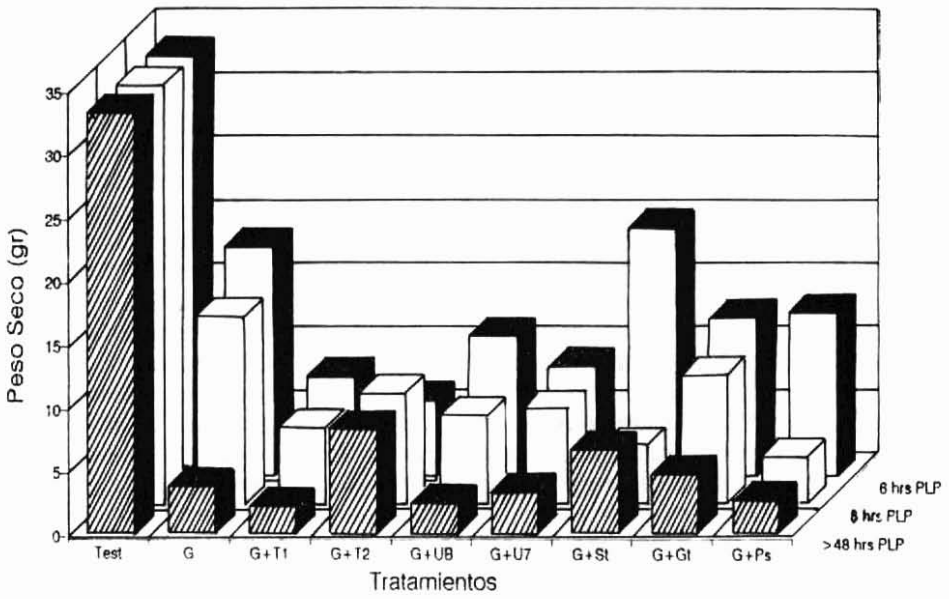


Figura Nº 5 **EFECTO DE DIFERENTES SURFACTANTES EN LA ACTIVIDAD DE ROUNDUP SOBRE LA PRODUCCION DE BIOMASA DE LA PARTE AÉREA DEL MAICILLO (Sorghum halepense (L) Pers). (Kogan y Ureta, 1993).**

INFOR

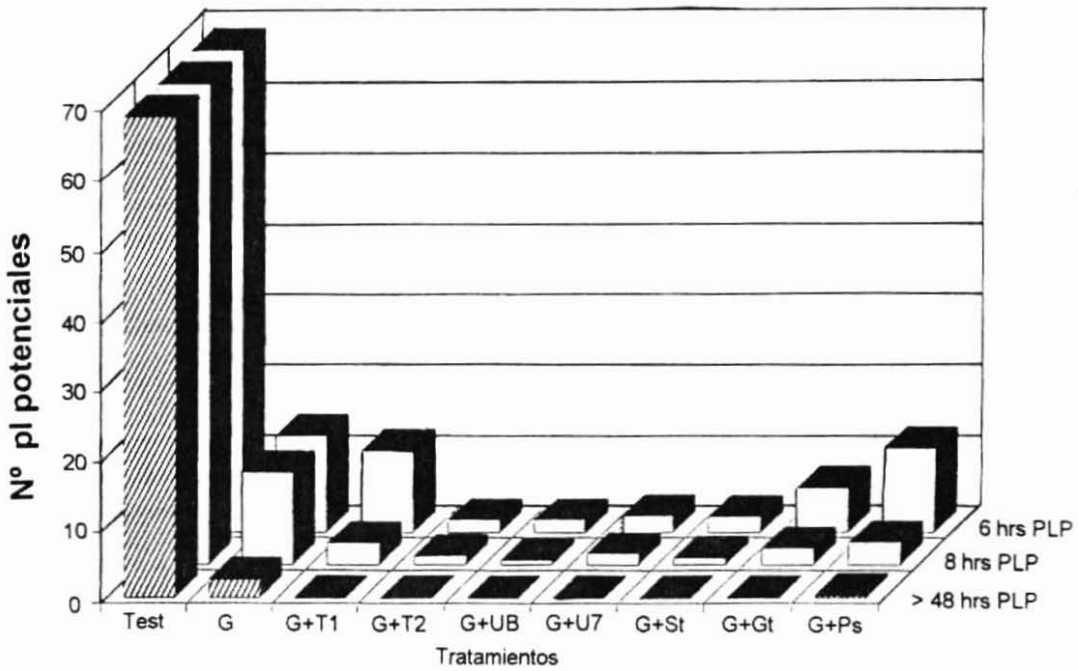


Figura Nº 6 **EFECTO DE DIFERENTES SURFACTANTES EN LA ACTIVIDAD DE GLIFOSATO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE PLANTAS POTENCIALES DE MAICILLO (Sorghum halepense (L) Pers.) (Kogan y Ureta, 1993).**

INFOR

Otros aditivos como el nitrato de amonio, cloruro de amonio, sulfato de amonio, ácido ascórbico y citrato de amonio han mostrado ser capaces de aumentar la absorción foliar de los herbicidas. En la literatura existe una tendencia que muestra que el sulfato de amonio es uno de los activadores que mejores resultados producen al usarlo con glifosato. En el Cuadro Nº7 se compara el efecto de surfactante Hyspray con el activador sulfato de amonio. Como se puede apreciar el control visual que se logró con la adición de ambos coadyuvantes fue superior al logrado con el uso sólo de glifosato. Sin embargo, al estudiar el efecto de los tratamientos herbicidas sobre el porcentaje de brotación de los tubérculos que se consecharon 75 DDA, se pudo constatar un mejor efecto de los tratamientos que incluyeron 2,0 kg/ha de sulfato de amonio.

Cuadro Nº 7

EFECTO DEL SURFACTANTE HYSPRAY Y SULFATO DE AMONIO EN LA ACTIVIDAD DEL GLIFOSATO EN CHUFA (Cyperus esculentus). (Kogan y Espíndola, 1992)

Producto L/ha	Control % 45 DDA	Rebrote 60 DDA	Número Tub. 75 DDA	% Brot. 75 DDA	Nuevas plantas potenc.
Testigo	0	44	357	72,5	259
Round. 4,0	68	11	291	16,0	47
Round. 6,0	81	8	257	8,0	21
Round. 4,0 + Hysp. 1,0	82	9	271	15,0	41
Round. 6,0 + Hysp. 1,0	90	8	275	14,0	39
Round. 4,0 + S. am. 2,0 kg	93	9	291	3,0	9
Round. 6,0 + S. am. 2,0 kg	95	8	238	3,0	7
Round. 4,0 + S. am. 4,0 kg	91	7	320	4,0	12
Round. 6,0 + S. am. 4.0 kg	93	6	234	6,0	14

* Round. = Roundup (480 g/L de la sal isopropilamina de glifosato)
** Hysp. = Hyspray
*** S. am. = Sulfato de amonio

INFOR

ACIDEZ DE LA SOLUCION HERBICIDA (pH)

La absorción de los herbicidas puede ser afectada por el pH de la solución, como ocurre con la penetración cuticular de ácidos orgánicos débiles como son el 2,4-DB, dicamba y 2,4-D, la que es mayor con pH ácido. Al aumentar el pH aumenta la disociación de estos ácidos débiles. Se pudo determinar que la mayor penetración se lograba con las moléculas no disociadas, lo que ocurría con pH 4,0-4,6 (Sargent y Blackman, 1962).

A pesar que estas evidencias marcan una tendencia a una mayor penetración con pH ácido, estos resultados no pueden extrapolarse a otros herbicidas como el glifosato, que presenta tres valores de pK dependiendo del pH. De ahí que se podría esperar respuestas diferentes. Por otro lado, la mayoría de los trabajos se han realizado usando cutículas aisladas de hojas. Es claro que no se pueden extrapolar estos resultados a la penetración foliar "in vivo". La penetración "in vitro" e "in situ" difieren en términos de grados de hidratación de la cutícula, evaporación de la solución aplicada y, especialmente, en que la penetración foliar es más compleja que sólo a través de una cutícula.

En Chile se ha especulado bastante con relación a la importancia del pH de la solución en la actividad del Roundup (glifosato). Así, frecuentemente se recomienda bajar el pH de la solución herbicida a nivel de pH 3,5, usando los métodos más variados, desde el uso de buffer comerciales, ácido fosfórico, ácido acético, ácido clorhídrico y otros. Revisando la literatura no es fácil, por no decir imposible, encontrar algún artículo científico que avale tal acción. Sin embargo, pueden existir instancias en que el uso de algún ácido pueda ser justificable. Tal como ya se discutió, el glifosato podría formar sales de calcio al ser mezclado con aguas duras, cuando eso ha sucedido el ácido sulfúrico ha sido efectivo evitando que el glifosato pierda su actividad (Cuadro Nº 8). También se debe tener presente que, al tratarse de aguas duras, el volumen de agua a asperjar es otro factor importante que se debe considerar.

Al analizar el Cuadro Nº 9 (trabajos realizados en invernadero) se puede ver que al usar agua destilada, la actividad del glifosato en su dosis mayor no aumenta al agregarle ninguno de los ácidos.

Al bajar el pH de la solución de glifosato a 2,0 no aumentó el efecto herbicida, tanto al usar el agua destilada o el agua de pozo (Cuadro Nº 8). Al aumentar el pH del agua destilada y la de pozo a pH 7 y 9, respectivamente, se produjo un leve efecto negativo en la actividad de glifosato.

INFOR

Cuadro Nº 8

EFECTO DE LA ADICION DE ACIDOS SOBRE LA FITOTOXICIDAD DE GLIFOSATO CON UN VOLUMEN DE 190 L/HA USANDO DOS CALIDADES DE AGUA. RESULTADOS EXPRESADOS COMO % DE REDUCCION DEL CRECIMIENTO DE LA AVENA (bioensayo), CON RELACION A PLANTAS TESTIGO (Buhler y Burnside, 1983)

Acido	Concentración (mM)	Glifosato (kg/ha)	Reducción Crecimiento Avena Agua destilada	Agua de pozo (dura)
			(%)	
NO	0	0,2	74	30
		0,4	92	34
H_2SO_4	5	0,2	81	44
		0,4	94	70
	10	0,2	80	86
		0,4	92	91
	30	0,2	82	83
		0,4	93	92
HCl	5	0,2	70	31
		0,4	89	50
	10	0,2	72	24
		0,4	90	52
	30	0,2	70	46
		0,4	92	71
Ac.acético	5	0,2	77	38
		0,4	91	36
	10	0,2	76	64
		0,4	90	79
	30	0,2	80	62
		0,4	93	77
$HClO_4$	5	0,2	71	29
		0,4	84	52
	10	0,2	79	32
		0,4	90	51
	30	0,2	69	36
		0,4	89	54

INFOR

Cuadro Nº 9

EFECTO DEL pH DE LA SOLUCION HERBICIDA EN LA ACTIVIDAD DEL GLIFOSATO (Buhler y Burnide, 1993)

pH	Crecimiento de Avena (%)	
	Agua destilada	Agua de pozo
2	64	51
Natural*	69	53
7	62	46
9	55	42
LSD (0,05)	6	6

(*)= pH de la solución con agua destilada = 4,2.
pH de la solución con agua de pozo = 5,0.

Trabajos de campo de Buhler y Burnside (1983), corroboraron los trabajos de invernadero (Cuadro Nº 7) al mostrar que la adición de algunos ácidos a la solución de glifosato podrá ayudar a compensar la pérdida de fitotoxicidad del glifosato debido al agua dura (Cuadro Nº 10).

En el Cuadro Nº 10 se observa que la dosis de glifosato usada es realmente importante, ya que al usar 0,2 kg/ha la adición de cualquier ácido (menos HCl 10 mM y vinagre) aumentó el efecto del glifosato al usarlo con agua dura. Sin embargo, con la dosis de 0,8 kg/ha de glifosato no hubo ninguna diferencia y, en consecuencia, la dureza del agua no tuvo importancia.

Con el objeto de estudiar el posible efecto del pH de la solución herbicida en la actividad del glifosato, Kogan y Lobos (1991) realizaron aplicaciones convencionales de diferentes dosis de roundup (48% de glifosato) en un volumen equivalente a 300 L/ha a plantas de avena en el estado de tercera hoja. Demostraron que el efecto del pH de la solución dependía de la dosis (Figura Nº 7). Así, con las dosis mayores, la actividad del glifosato fue igual en todos los pH estudiados, controlando entre un 90 y 98%. En la medida que las dosis de glifosato decrecieron, se observó una tendencia a una disminución de la actividad con pH más básicos. Se debe considerar que las dosis bajas fueron subletales desde el punto de vista de control de malezas.

INFOR

Cuadro Nº 10

EFECTO DE DOS TIPOS DE AGUA Y DE LA ADICION DE ACIDOS EN LA TOXICIDAD DEL GLIFOSATO, MEDIDO COMO % DE REDUCCIÓN DEL CRECIMIENTO DE GRAMÍNEAS ANUALES (14 DDA)

Glifosato kg/ha	Agua Destilada	Agua de Pozo (dura)	H_2SO_4 10mM	H_2SO_4 50mM	HCl 10mM	HCl 50mM	Ac. Acético 10mM	Ac. Acético 50mM	Vinagre 5%(v/v)
0,2	84a	41	88ab	91ab	38	60a	63a	57a	31
0,4	99a	59	96ab	97ab	75a	83a	83a	92ab	96ab
0,8	100	98b	99ab	100b	94b	96b	96b	99b	99b
1,0	94a	66	94ab	96ab	69	80a	81a	83a	75a

a = Diferencias significativas para agua de pozo usando comparaciones ortogonales a p = 0,5
b = Diferencias no significativas para agua destilada usando comparaciones ortogonales p = 0,5

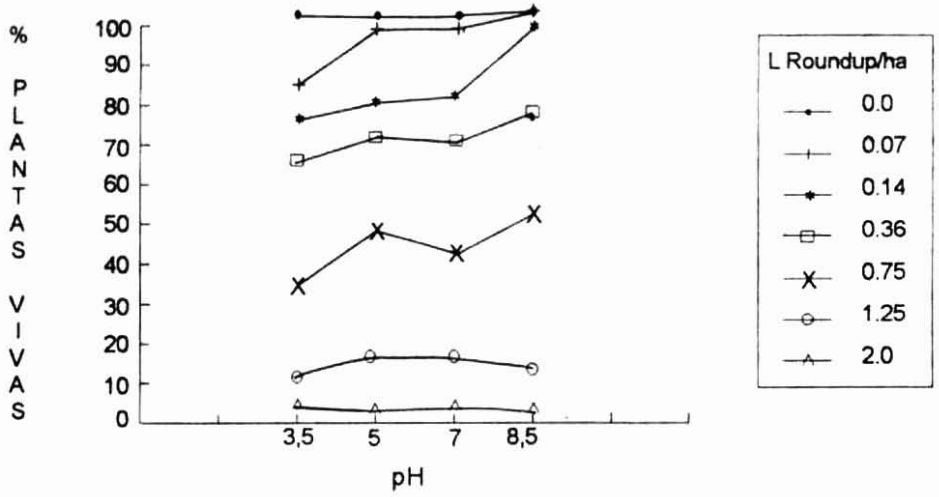


Figura Nº 7.: **EFECTOS DEL pH DE LA SOLUCION DE GLIFOSATO SOBRE PLANTAS DE AVENA EN EL ESTADO DE TERCERA HOJA. APLICACION CON BOMBA DE ESPALDA, CON BOQUILLA DE ABANICO USANDO UN VOLUMEN DE 300 L/ha (Kogan y Lobos, 1991).**

INFOR

Otro aspecto que es importante de considerar, cuando se piensa en la necesidad de bajar el pH de la solución de glifosato, es el efecto buffer del propio glifosato. Independiente del pH del agua que se use como acarreador y de la dosis de glifosato, siempre se llega a una solución de pH 4,7 - 4,9 (Cuadro Nº 11).

Cuadro Nº 11

EFECTO "BUFFER" DEL ROUNDUP (GLIFOSATO), USANDO AGUA PROCEDENTE DE PIRQUE, CURACAVÍ Y CURICÓ (Kogan y Lobos, 1991)

Agua + Dosis Roundup	Agua de Pirque	Agua de Curacaví	Agua de Curicó
	(pH)		
300 cc	7,8	7,6	7,2
300 cc + 1.248 cc Roundup (1,25 L/ha)*	4,9	5,1	5,1
300 cc + 3.99 cc Roundup (4,0 L/ha)	4,8	5,0	4,9
300 cc + 6.0 cc Roundup (6,0 L/ha)	4,8	4,9	4,8

*Dosis de Roundup equivalentes/ha, considerando un volumen de aplicación de 300 L/ha.

De la misma manera, al bajar el pH del agua con HCl o subírselo con NaOH y luego agregar glifosato, se logra una solución final de pH 4,7 - 4,9 (Cuadro Nº 12).

INFOR

Cuadro Nº 12

EFECTO BUFFER DEL GLIFOSATO (Kogan y Lobos, 1991)

pH inicial del agua	Adición de HC/OH	pH final del agua	pH solución al agregar 1,25 L/ha de Roundup
7,7	HCl	3,5	4,8
6,0	NaOH	7,5	4,7
5,5	--	5,5	4,9

Al considerar el efecto buffer del glifosato se debe entender que ese herbicida siempre será asperjado en una solución de pH ácido cercano a 4,7 - 4,9. De ahí que se realizaron dos trabajos, uno en chufa (**Cyperus esculentus L.**) y el otro en maicillo (**Sorghum halepense** (L) Pers.), en los que el glifosato se aplicó en sus condiciones de pH natural (pH 4,7 - 4,9) y a pH 3,5. Este último señalado en oportunidades como el deseable para obtener la mayor actividad de glifosato.

En los Cuadros Nºs 13 y 14 se puede ver que el glifosato fue tan activo a pH 3,5 como a pH 4,9 y que la actividad estuvo íntimamente relacionada a la dosis y no al pH de la solución agua/glifosato. Los resultados en el caso del maicillo fueron semejantes y por lo tanto no se presentan en este artículo.

Cuadro Nº 13

EFECTO DE LA DOSIS DE GLIFOSATO Y EL pH DE LA SOLUCION EN CHUFA* (Cyperus esculentus), 35 DDA. (Valores Promedios de 10 repeticiones). (Kogan y Lobos, 1991).

Glifosato kg/ha	pH	Nº bulbos basales	Nº de tubérculos	Peso fresco tubérculos
-	-	28	178	86
0	3,5	22	140	77
0	4,9	27	126	63
1	3,5	20	42	13
1	4,9	20	68	19
2	3,5	17	15	5
2	4,9	28	23	8
3	3,5	19	14	4
3	4,9	22	14	3

* = Plantas en estado de 9 - 11 hojas al momento de la aplicación.

INFOR

Cuadro Nº 14

PORCENTAJE DE BROTACION DE TUBERCULOS PROVENIENTES DE PLANTAS DE CHUFA (Cyperus esculentus), TRATADOS AL ESTADO DE 9-11 HOJAS CON SOLUCIONES DE GLIFOSATO, CON DISTINTAS DOSIS DEL HERBICIDA Y pH FINAL DE 3,5 Y 4,9 (Kogan y Lobos, 1991)

pH	Dosis glifosato			
	0	1	2	3
3,5	72,5 a*	46,0 a	27,5 a	16,6 a
4,9	75,9 a	54,1 a	31,8 a	14,2 a

(*) No se determinaron diferencias significativas entre los pH ($p > 0,05$).

CONCLUSIONES

Luego de analizar los resultados en relación al efecto del pH de la solución herbicida, se puede concluir, con los antecedentes existentes a la fecha, que la adición de ácido para bajar el pH, podría ayudar a revertir la pérdida de actividad de glifosato, si al utilizar aguas duras como acarreador se produjera en la solución herbicida una inactivación del glifosato. También, en algunas oportunidades se considera que se debería bajar el pH del agua antes de agregar el glifosato. Se podría pensar que al acidificar el agua se evitaría el posible antagonismo que podrían causar los cationes. Sin embargo, se requiere de un pH inferior a 2 para la completa protonación de la molécula de glifosato (Nalewaja y Matysisk, 1991).

Falta aún mucha investigación para poder disponer de información que permita ofrecer recomendaciones específicas para diferentes situaciones de malezas, que incluyen la necesidad o no de adicionar coadyuvantes, y la necesidad de acidificar la solución herbicida según la concentración y proporciones de los diferentes iones (Ca^{+2}, Fe^{+3}, Na^{+}, K^{+}, Cu^{+2}, etc), que podrían supuestamente interferir con la actividad del glifosato.

Sin perder de vista lo importante que es avanzar en la búsqueda de conocimiento en relación a los factores discutidos, se deberá considerar que el éxito del uso del herbicida glifosato dependerá, en gran parte, del volumen de agua utilizado, de la dosis y del estado de las malezas al momento de la aplicación. En

INFOR

último término, al estudiar todos los factores antes mencionados en el control de malezas perennes complejas con glifosato, se deberá considerar, no sólo el efecto visual producido por el herbicida sobre la parte aérea, sino que también el efecto sobre los propágulos vegetativos (tubérculos, rizomas, raíces con yemas endógenas, etc), los que constituyen la parte esencial del control.

REFERENCIAS

Buhler, D.D. and O.C. Burnside, 1983. Effect of Water Quality, Carrier Volume and Acid on Glyphosate and Phytotoxicity. Weed Sci., 31: 163-169.

Costa, J. and A.P. Appleby, 1986. Effects of Ammonium Sulphate on Leaf Growth Inhibition by Glyphosate in **Cyperus esculentus L.** Crop Protection., 5: 314-318.

Furmidge, C.G.L., 1959. Physico-chemical Studies on Agricultural Sprays. II The Phytotoxicity of Surface Active Agents on Leaves of Apple and Plum-tree. J. Sci. Food Agric., 10: p. 274.

Hensley, D.L.; D.S.N. Bauerman and P.L. Carpenter, 1978. The Inactivation of Glyphosate by Vorious soils and Metal Salts. Weed Res. 18: 287-291.

Kogan, M. y V. Díaz, 1984. Aplicación de Herbicidas Sistémicos con Equipo de Tamaño de Gota Controlado, con Especial Enfasis en el Control de Malezas Perennes Aconex. 7: 27-33.

Kogan, M. y C. Lobos, 1991. Efecto del pH de la Solución herbicida en la Actividad del Glifosato. 42° Congreso Anual Soc. Agr. de Chile, Chillán, 1993.

Kogan, M., X. Fernández and A. Wenzel, 1992. Efecto del Período Libre de Precipitaciones luego de la Aplicación de Glifosato sobre Chufa (**Cyperus rotundus L.**) Asoc. Latino Americana de Malezas, XI Congreso ALAM. 23-27 nov. 1992. Resúmenes de Trabajos p. 68.

Kogan, M. y L. Espíndola, 1992. Efecto del Surfactante Hypray y del Sulfato de Amonio en la Actividad del Glifosato en **Cyperus rotundus L.** Asoc. Latino Americana de Malezas, XI Congreso ALAM. 23-27 Nov. 1992. Resúmenes de Trabajos p. 70.

Kogan, M. y C. Ureta.,1993. Efecto de Diferentes Tipos de Surfactantes sobre el Período Libre de Precipitaciones luego de la Aplicación de Glifosato en Maicillo (**Sorghum halepense (L:) Pers**). 44° Congreso Anual Soc. Agr. de Chile, Valdivia, 17-19 Nov, 1993.

INFOR

Kogan, M. y L. Espíndola., 1993. Relación entre el Volumen de Aplicación y la Actividad del Glifosato. 44º Congreso Anual Soc. Agr. de Chile, Valdivia, 17-19 Nov. 1993.

Nalewaja, J.D. and R. Matysisk., 1991. Salt Antagonism of Glyphosate. Weed Sci., 39: 622-628.

Olate, E.; A. Varela y M. Kogan., 1992. Efecto del Calcio sobre la Actividad de glifosato. Asoc. Latino Americana de Malezas, XI Congreso ALAM. 23-27 Nov. 1992. Resúmenes de Trabajos p. 69.

Osipow, L.I. 1964. In Surface Chenistry. Rheinhold New. York.

Parr, J.F. and A.G. Norman, 1965. Considerations in the Use of Surfactants in Plant Systems: A Review. Bot. Gaz., 126: 86.

Sandberg, C.L., W.F. Meggit and D. Penner, 1978. Effect of Diluent Volume Acid Calcium on Glyphosate Phytotoxicity. Weed Sci., 26: 476-479.

Sargent, J.A. and E.G. Blackman, 1962. Studies on Foliar Penetration I. Factors Controlling the Entry of 2,4 Dichlorophenoxy Acetic acid. J. Exp. Bot., 13: 348-368.

Stahlman, P.W. and W.M. Phillips, 1979. Effect of Water Quality and Spray Volume on Glyphosate Phytotoxicity. Weed Sci., 27: 38-41.

Subramanian, V. and P.E. Hoggard, 1988. Metal Complexes of Glyphosate. J. Agric. Food Chem., 38: 1326-1329.

Wills, G.D. and Ch. G. Mc Whorter, 1985. Effect of Inorganic Salts on the Toxicity and Translocation of Glyphosate and MSMA in Purple Nutsedge (**Cyperus rotundus**). Weed Sci., 33: 755-761.

INFOR

IMPACTO DE OCHO ESTRATEGIAS DE CONTROL DE MALEZAS POST-PLANTACION, EN EL DESARROLLO DE Eucalyptus globulus Labill ESTABLECIDO EN SUELOS ROJO ARCILLOSOS.

J. P. Rodríguez Schäfer (*)
J. A. Celhay Schölermann (**)
P. Herranz Hewitt (***)

RESUMEN

Se estableció un ensayo en suelos tipo "Rojo Arcilloso", serie "Collipulli", con el objeto de evaluar el impacto de diferentes intensidades de control de malezas en plantaciones de ***Eucalyptus globulus.*** *Para estos efectos, se realizaron dos intensidades de control al momento de la plantación (33 y 100% de la superficie total), en combinación con cuatro intensidades al segundo año de crecimiento (0, 33, 67 y 100% de la superficie total), distribuidas en un diseño de Parcela Dividida (Split-Plot).*

Los resultados a los 35 meses de edad, indican que el crecimiento de ***E. globulus*** *para todas las variables analizadas, es directamente proporcional a la intensidad del control de malezas. La mejor combinación resultó ser aquella más intensiva: control total durante los dos primeros años.*

Las pérdidas en área basal atribuibles a estrategias de control distintas a la más intensiva posible, fluctuan entre 17 y 80% del crecimiento potencial máximo.

(*) Ing. Forestal, Depto. de Investigación y Desarrollo, Forestal y Agrícola Monteáguila S.A.
(**) Ing. Forestal, Gerencia de Propagación Forestal.
(***) Técnica Forestal, Depto. de Investigación y Desarrollo.

INFOR

INTRODUCCION

La silvicultura actual aplicada al establecimiento de plantaciones de **Eucalyptus sp.** ha incorporado el factor control de malezas como un requisito prioritario para el logro de los objetivos de producción esperados, debido a que además determina o condiciona la respuesta de otras actividades silvícolas, tales como, fertilización y cultivo (Schönau **et al.**, 1981).

Sin embargo, para la práctica del control de malezas existen múltiples opciones, resultado de combinaciones entre intensidad (0, 10, 20,..., 100% de la superficie), oportunidad (año 0, 1, 2,.., n), ubicación de la superficie de competencia a eliminar (sobre la hilera; entre hilera de plantación, o control total) y eficacia del control (% de malezas efectivamente eliminadas, respecto del total existente).

Cada una de ellas tiene resultados potencialmente diferentes en cuanto a costos y respuestas en crecimiento de las plantaciones (Schumann, 1991).

En razón de lo anterior, resulta necesario definir en términos cuantitativos las tendencias del impacto en el desarrollo de las plantaciones, ya sea de cada una o de un grupo de las opciones posibles, con el objeto de proveer información para la toma de decisiones en la estrategia de control a seguir. Conocido lo anterior, es posible determinar el costo de oportunidad en crecimiento (actual y/ o proyectado), que resulta de las distintas alternativas.

Para estos efectos Forestal y Agrícola Monteáguila S.A. a través de su Depto. de Investigación y Desarrollo, estableció durante 1990 un ensayo tendiente a cuantificar el impacto de malezas sobre plantaciones de **Eucalyptus globulus** en suelos rojo arcillosos, en base a una combinación de dos intensidades de control durante el primer año, y cuatro en la segunda temporada de crecimiento. Se eliminó el 100% de la competencia existente (eficiencia 100%) dentro de cada nivel de intensidad.

El presente trabajo entrega los resultados obtenidos de la evaluación de este ensayo a los 35 meses de edad (aprox. 3 años); se analizan además la(s) estrategia(s) de control más adecuada(s) y su relación con otras prácticas silviculturales.

INFOR

MATERIAL Y METODO

Sitio de Estudio

El ensayo fué plantado en Julio de 1990, en suelos planos, arables serie "Collipulli", en un predio ubicado en las cercanias de la ciudad del mismo nombre, IX Región, Chile (37°52' LS; 72°33' L0; altitud de 200 msnm). La precipitación anual del sector alcanza a los 1.050 mm en promedio, con un marcado período seco entre los meses de noviembre a marzo (obtenido de estación meteorológica cercana al sitio de estudio). El uso anterior corresponde a una rotación de cultivos agrícolas anuales. El suelo es del tipo "rojo arcilloso" (ultisol), con una densidad aparente promedio de 1.1 g/cm^3 y una capacidad de agua disponible entre 10 y 12% de su volumen total (de acuerdo a mediciones directas realizadas en el sector).

Estándares de Establecimiento

La preparación de suelo consistió en subsolado hasta 1.0 m de profundidad y posterior rastraje en la hilera de plantación (mes de marzo), similar a la práctica común a escala operacional. Durante el mes de mayo se realizó un control químico total de las malezas presentes, con glifosato (3.0 l/ha).

La plantación se realizó en forma manual, durante la primera semana del mes de julio de 1990, a una densidad de 1.667 pl/ha (3 x 2 m); se utilizaron plantas viverizadas en contenedores tipo "speedlings", las que fuero n fertilizadas al momento de la plantación (dos hoyos) con 100 g de mezcla NPK 4:3:1, más 10 g de boronatrocalcita (8% boro total).

Diseño Experimental

El eligió una superficie por parcela de 288 m^2, con 48 plantas totales, de las cuales se midieron solo las 24 centrales.

El diseño utilizado fué el de parcelas subdivididas, con cuatro bloques, correspondiente a un experimento factorial del tipo 2 x 4.

Cada sub-parcela consistió en uno de los siguientes tratamientos de control de malezas al momento de la plantación (C1 y C2):

INFOR

C1: Eliminación del 100% de malezas en una faja de 1m de ancho sobre la hilera de plantación (33% de la superficie); resto sin control.

C2: Eliminación del 100% de malezas en la superficie total (hilera y entre-hilera).

Dentro de cada uno de estos dos tratamientos iniciales se asignaron aleatoriamente cuatro tratamientos de control durante la segunda temporada de crecimiento, a los 13 meses de edad:

T1: Sin control, sólo el inicial (0%).
T2: Control en la hilera (1m de ancho, 33% de superficie).
T3: Control en la entre-hilera (2m ancho, 67% superficie).
T4: Control total (100%).

De la combinación C x T resultaron 8 tratamientos totales.

El control de malezas para todos los tratamientos se realizó en forma manual, eliminando la totalidad de la competencia presente tantas veces como necesario, con el objeto de mantener limpia cada una de las intensidades de control durante todo el período de crecimiento y lograr una eficiencia de 100%.

Mediciones

Los resultados corresponden a una evaluación a la edad de tres años (35 meses); a cada árbol se midió altura total (H) y diámetro a 1.3 m (DAP); con ello, se generaron adicionalmente las variables sobrevivencia (SOB), área basal/ha (G) e índice de biomasa (D^2H).

Análisis Estadístico

Se realizó utilizando SAS versión 6.03 (SAS, 1988); el Análisis de Varianza se llevó a cabo mediante el método del Modelo General Líneal (GLM), usando Bloque x C como término del error para el test de hipótesis de C (Steel y Torrie, 1980).

En la comparación de medias se utilizó la prueba de F para comparaciones múltiples de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch (REGWF; Alpha=0,05); las variables incluidas fueron H, DAP, SOB, D^2H y G.

Un primer análisis indicó que la interacción C x T no fué significativa, por lo que fué eliminada y sus grados de libertad incorporados al Error de un segundo modelo (Cohran y Cox, 1957).

INFOR

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados a la edad de 35 meses (aprox. 3 años) indican un desarrollo significativamente superior para todas las variables analizadas (excepto SOB), cuando se realiza un control total al primer año (C2) frente a la alternativa de control parcial (C1). El Análisis de Varianza (ANDEVA) señala diferencias significativas debidas a ambos, control de primer y segundo año (Cuadro Nº 1).

Cuadro Nº 1.

VALORES PROMEDIOS PARA LOS NIVELES DE CADA FACTOR Y VARIABLE ANALIZADA; RESULTADOS DE ANDEVA, Y PRUEBA REGWF DE COMPARACIÓN DE MEDIAS.

FACTOR NIVEL	H (m)	DAP (cm)	SOB (%)	D^2H (cm^3)	G (m^2/ha)
C 1	5.0 [a]	4.4 [a]	80.5	97.3 [a]	2.5 [a]
2	6.9 [b]	6.8 [b]	91.9	316.8 [b]	6.2 [b]
ANDEVA C (p > F)	0.0007	0.0058	0.1585	0.0111	0.0050
T 1	5.3 [a]	4.7 [a]	85.4	124.0 [a]	3.0 [a]
2	5.9 [a]	5.3 [a]	80.2	191.5 [a]	3.8 [a]
3	5.7 [a]	5.4 [a]	87.0	191.7 [a]	4.7 [a]
4	6.9 [b]	6.8 [b]	92.2	321.1 [b]	6.1 [b]
ANDEVA T (p > F)	0.0001	0.0003	0.0920	0.0002	0.0006

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas.

La comparación múltiple de los niveles de C y T es sólo referencial, debido a que el estimador de la varianza considerado para esta comparación es diferente al de la tabla de ANDEVA.

Al contrastar los dos niveles de control inicial (33% de la superficie vs. 100 %) independiente de los tratamientos posteriores, resulta una evidente ventaja en el crecimiento cuando se realiza un control total, para todas las variables analizadas. Esta diferencia es menor en SOB (+ 14 %) y H (+ 38.0%), y máxima en el índice D^2H (+ 225.6%) y G (+ 148.0%). La tendencia es similar a medida que se incrementa la intensidad del control durante la segunda temporada de crecimiento.

INFOR

El Cuadro Nº 2 contiene los promedios individuales de los ocho tratamientos resultantes de la combinación C x T. Existe una clara tendencia en todas las variables, hacia un mayor rendimiento a medida que se incrementa la intensidad del control.

Cuadro Nº 2.

PROMEDIOS POR TRATAMIENTO (COMBINACIÓN C X T) PARA LAS VARIABLES ALTURA (H), DAP, SOBREVIVENCIA (SOB), E ÍNDICE DE BIOMASA (D^2H) ÁREA BASAL (G).

TRATAMIENTOS		H (m)	DAP (cm)	SOB (%)	D^2H (cm^3)	G (m^2/ha)
C1*T1	(33-0)++	4.3	3.8	77.1	51.2	1.6
C1*T2	(33-33)	4.7	4.0	71.9	69.4	1.9
C1*T3	(33-67)	4.7	4.1	83.4	79.8	2.2
C1*T4	(33-100)	6.2	5.8	89.6	188.8	4.3
C2*T1	(100-0)	6.2	5.7	93.7	196.8	4.4
C2*T2	(100-33)	7.0	6.8	88.6	313.4	5.9
C2*T3	(100-67)	6.7	6.8	90.6	303.6	6.7
C2*T4	(100-100)	7.7	7.9	94.8	453.5	8.1

++ : (% control año 1-% control año 2).

En términos de sobrevivencia, aún con una baja intensidad inicial de control de malezas post-plantación, es posible obtener sobre 70%; sin embargo, el mejor resultado se logra con una intensidad de 100% en ambos, primer y segundo año.

Es preciso destacar que toda la superficie del ensayo incluyó un control previo a la plantación con glifosato, por lo cual los tratamientos aplicados tuvieron su efecto sobre la población de malezas crecidas con posterioridad al establecimiento del ensayo. Es posible que ocurra una reducción mayor de la sobrevivencia si no se realiza algún tipo de control antes de la plantación.

En términos porcentuales, el efecto del control total de segunda temporada se expresa más intensamente en el caso de un control poco intensivo al primer año (C1 x T4/C1 x T1 respecto de C2 x T4/C2 x T1).

Las Figuras siguientes (Nº 1 y 2) ilustran en forma clara la situación descrita; en ellos se toma como valor referencial el tratamiento C1 x T1 (33-0) = 100%.

INFOR

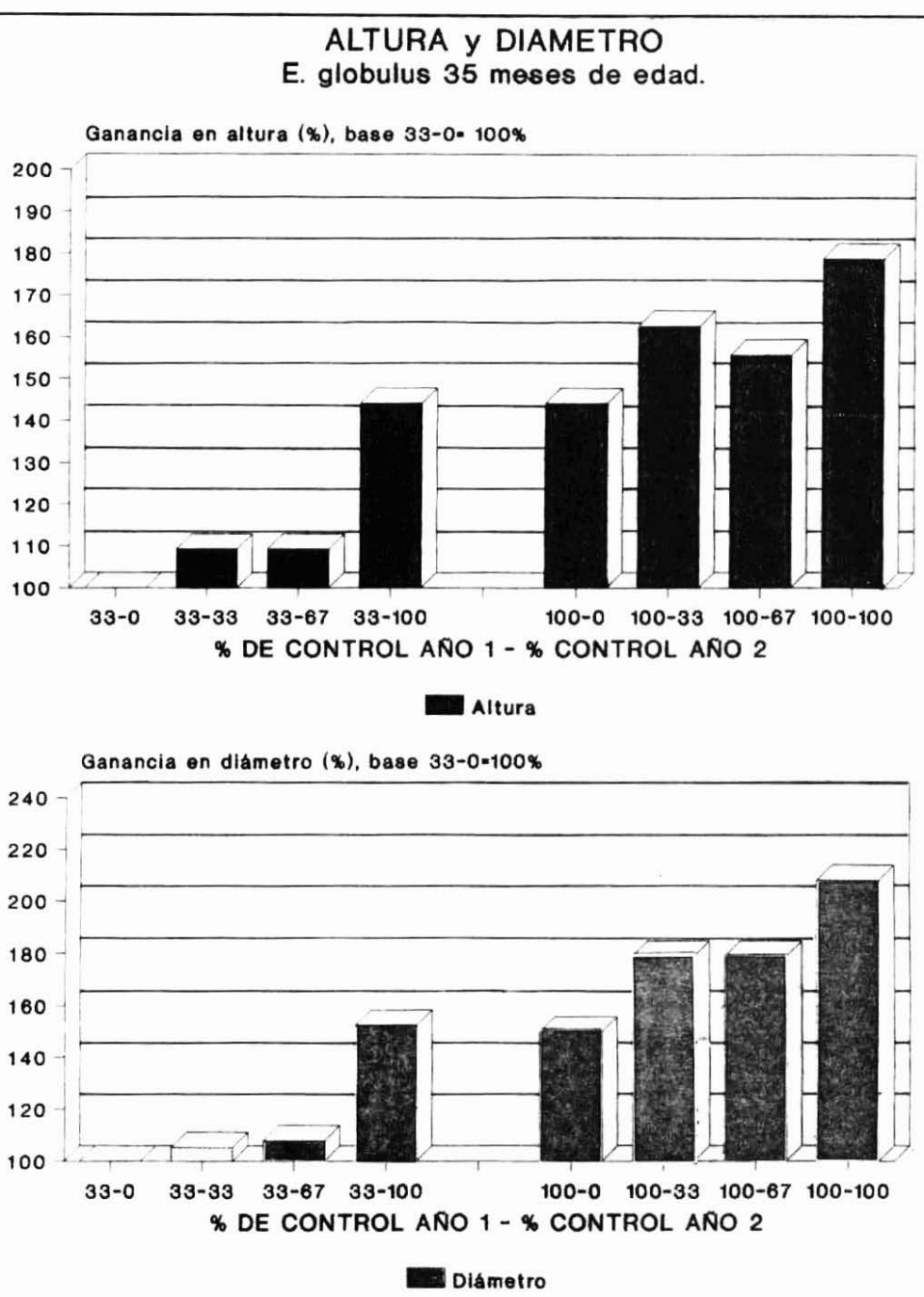


Figura Nº 1. **1: H-DAP; GANANCIA COMPARATIVA ENTRE TRATAMIENTOS.**

INFOR

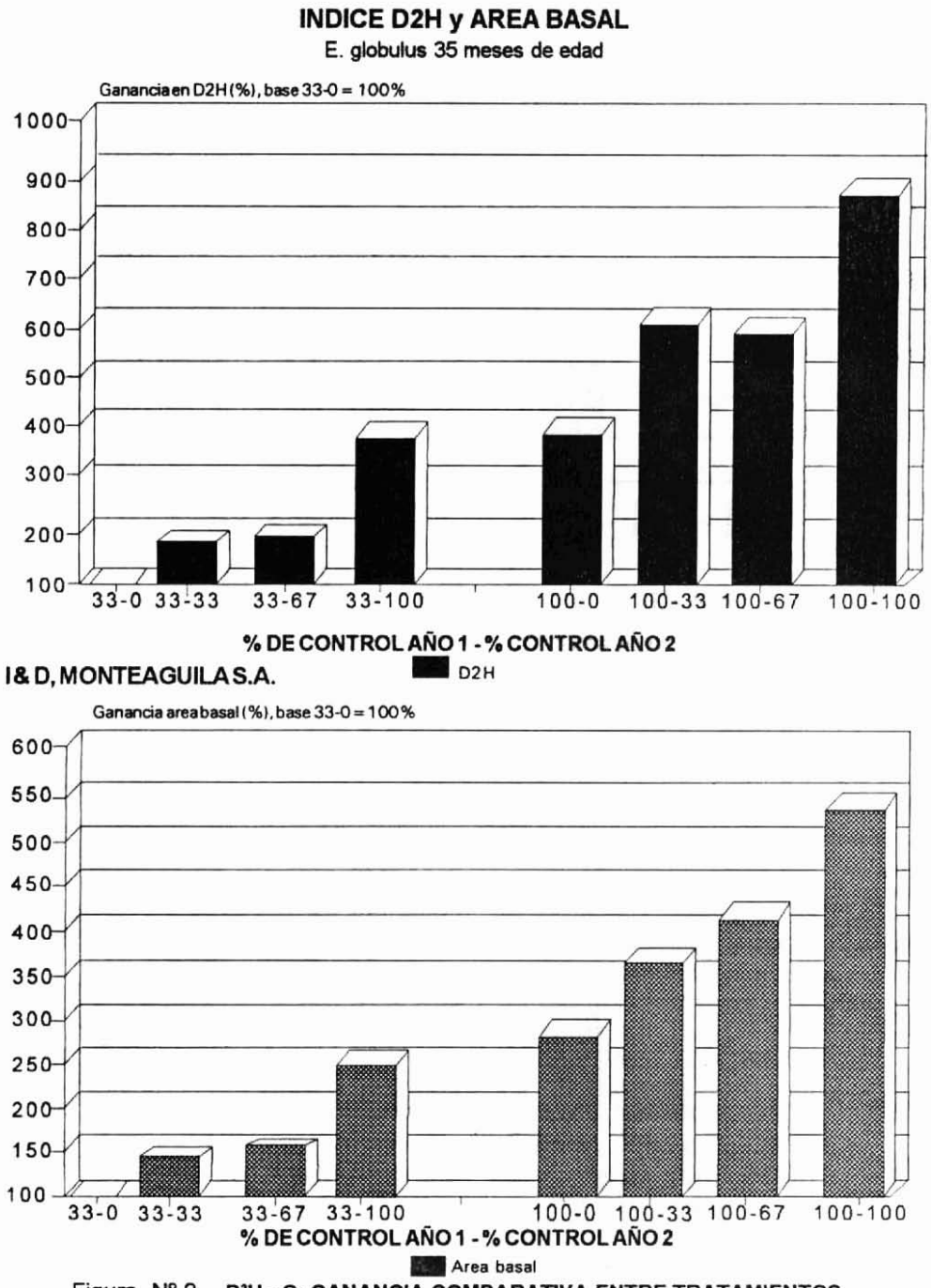


Figura Nº 2. **D²H - G; GANANCIA COMPARATIVA ENTRE TRATAMIENTOS**

INFOR

Cada tratamiento, en ambas figuras, corresponde a una opción de tecnología silvicultural para **E. globulus.** Como se aprecia, el impacto de cada alternativa es diferente.

La reducción de crecimiento en área basal a causa de un control inicial solo en la hilera de plantación, sin controles posteriores (33-0) respecto de la alternativa más intensiva (100-100), es tan alta como 80%.

El control total de segunda temporada combinado con un control inicial en la hilera (33-100), permite alcanzar tan sólo el 50% del rendimiento potencial en área basal de la plantación (100-100). Si la comparación ocurre entre la alternativa de mayor intensidad (100-100) y la inmediatamente inferior (100-67), la pérdida llega a 17,3% del máximo rendimiento potencial atribuibles al factor malezas (33% para el índice de biomasa).

Para todas las variables analizadas, las combinaciones 33-100 y 100-0 presentan resultados muy similares; sin embargo, la reducción del crecimiento promedio de ambos casos en relación del máximo rendimiento posible (opción más intensiva) alcanza a un 58 y 37% para biomasa y área basal, respectivamente.

La posibilidad que brinda **E. globulus** de manejo vía monte bajo (coppice), hace aún más trascendente la decisión acerca de cual estrategia de control de competencia aplicar a la plantación inicial; el resultado final de esta opción de manejo está fuertemente condicionada por la calidad y rendimiento de las cepas originales (Prado y Barros, 1989); una opción de baja intensidad de control de malezas prolongará su efecto detrimental incluso sobre las rotaciones siguientes.

La sensibilidad observada en el crecimiento de **E. globulus** frente a una estrategia de control u otra, sugiere la necesidad de incorporar el factor competencia por malezas en el desarrollo de un futuro simulador de crecimiento, debido a que en función de diferentes niveles de competencia a una edad dada, se generarían curvas de producción distintas (no es posible recuperar con tratamientos posteriores, el potencial perdido). A diferencia de lo que ocurre en **Pinus radiata**, en este caso parece no ser suficiente representar el rendimiento esperado a través del potencial productivo del sitio.

Si se relaciona el efecto de la competencia de malezas en combinación con otras prácticas, tales como, fertilización y cultivo de suelo, es posible suponer pérdidas adicionales; según lo expresado por Cromer (1984) y Prado y Wrann (1988) el efecto de estas prácticas solo se manifiesta cuando se ha liberado en alguna medida, la restricción que impone el factor malezas.

INFOR

Las tendencias observadas en este estudio son también válidas para estimar el efecto potencial de las malezas en otras zonas del país, en donde por ocurrir una mayor precipitación anual, existe la inclinación a suponer que el impacto de la competencia es menor. Más allá de los valores absolutos de las respuestas observadas en cada tratamiento, lo importante son las proporciones relativas entre cualquier estrategia y la de mayor intensidad posible.

Es preciso continuar el seguimiento de ensayos de éste tipo, con el fin de evaluar los resultados, a la edad de corta.

CONCLUSIONES

Los resultados expuestos permiten extraer las siguientes conclusiones principales:

La variable menos sensible resultó ser sobrevivencia: aún con un control mínimo es posible lograr valores superiores al 70% a los tres años de edad. Las mayores diferencias ocurrieron en el índice de biomasa (D^2H) y área basal.

El crecimiento observado en **E. globulus** a los tres años de edad, es directamente proporcional a la intensidad de control de malezas realizado durante los dos primeros años.

Bajo las condiciones de este estudio, las pérdidas en área basal atribuibles a estrategias de control distintas a la más intensiva son muy significativas, y van desde 17 a 80% del potencial.

No realizar un control total de malezas el primer año significa en promedio (independiente del control de segundo año) una disminución de crecimiento de 60% en área basal.

Frente a un control inicial solo en hilera de plantación, la mejor opción es realizar control total durante el segundo año (incremento en área basal e índice de biomasa de 269 y 369% respectivamente). Sin embargo, todas las opciones analizadas producen algún grado de respuesta.

No existieron diferencias significativas entre control de segundo año a la hilera o entre-hilera.

Los mejores resultados se observaron con la combinación más intensiva: control total al primer y segundo año. El potencial de pérdida de crecimiento con cualquier otra opción, es significativo. Comparado con un control mínimo (combina-

INFOR

ción 33-0), permite incrementar 8.6 veces el rendimiento en biomasa y 5 veces en área basal, a la edad de tres años.

Para todas las variables analizadas, la combinación de control en la hilera al primer año y total al segundo (33-100), presentó resultados equivalentes a realizar sólo control total al primer año (100-0); el promedio de ambas es inferior en un 37% al crecimiento en área basal de la opción más intensiva (100-100).

La magnitud de las diferencias observadas entre los diferentes tratamientos, sugiere la necesidad de evaluar las pérdidas potenciales de crecimiento debidas a la presencia de malezas en plantaciones de edades mayores a tres años.

Los resultados obtenidos confirman la conveniencia de elevar al máximo los actuales estándares de control de malezas tanto en la silvicultura de **Eucalyptus spp.**, como en la investigación en el uso de fertilizantes, programas de mejoramiento genético, etc. y replantear el tema en otras especies exóticas **(Pinus radiata, Pseudotsuga menziesii)** y dentro de la incipiente silvicultura de especies nativas (**Nothofagus spp.** y otras).

El costo de oportunidad en crecimiento, de estrategias de control de malezas de intensidad baja a media, es significativamente alto respecto de la opción de máxima intensidad de control.

REFERENCIAS

Cochran, W.G. and Cox, G.M., 1957. Experimental Designs. 2nd. Ed. J.W.& Sons. 611 pp.

Cromer, R.N., 1984. Site Ameloriation for Fast Growing Plantations. Proceedings IUFRO Symposium on Site and Productivity of Fast Growing Plantations. South Africa. pp. 669-678.

Prado, J.A. y Wrann, J., 1988. La Importancia de la Preparación de Sitio y la Fertilización en el Establecimiento de Plantaciones de **Eucalyptus**. Simposio Manejo Silvícola del género **Eucalyptus**. INFOR. CORFO, Chile.

Prado, J.A. y Barros, S., 1989. Eucalyptus: Principios de Silvicultura y Manejo. INFOR-CORFO, Chile. 199 p.

INFOR

SAS Institute Inc., 1988. SAS/STAT User's Guide, Release 6.03 Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc., 1028 pp.

Schönau, A.P.G., van Themaat, R.V. and Boden, D.I., 1981. The Importance of Complete Site Preparation and Fertilizing in the Establishment of **Eucalyptus grandis**. South African Forestry Journal, 116: 1-10.

Schumann, A.W., 1991. The Impact of Weeds and Two Legume Crops on **Eucalyptus** Hybrid Clone Establishment (South Africa). Proceedings IUFRO. Symposium. Intensive Forestry: The role of Eucalypts. pp 576-585.

Steel, R.G. and Torrie, J.H., 1980. Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach. 2nd. Ed. McGraw-Hill Book Co. 633 pp.

INFOR

ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL QUIMICO DE MALEZAS EN PLANTACIONES DE Eucalyptus DE LA REGION MEDITERRANEA SEMIARIDA DE CHILE.

Manuel Recalde R. (*)

RESUMEN

La región mediterránea semiárida de Chile ha presentado un crecimiento sostenido en el establecimiento de plantaciones de eucalipto. La incorporación de nuevas tecnologías y el mejor conocimiento de la especie han permitido obtener mejores sobrevivencias y crecimientos en esta región que tiene limitaciones de agua.

Si bien es cierto, que establecer con éxito una plantación de eucaliptos es función de numerosos factores tales como; preparación de suelo, época de plantación, calidad de plantas, fertilización y control de malezas. Es probablemente este último aspecto uno de los más importantes de manejar para establecer una buena plantación de eucaliptos en la región.

Con el objeto de evaluar el efecto de diferentes alternativas de control químico de malezas en plantaciones de eucalipto, se estableció el 7 de Julio de 1992 una investigación en el predio Los Cardos, propiedad de CMPC, ubicado en la localidad de Pailimo, en el secano costero de la VI región. Se establecieron 5 tratamientos con un diseño de bloques completos al azar y parcelas de 1,5 x 30 m como unidad experimental. Los tratamientos fueron:

- ***T1.*** *Devrinol (Napropamida 45%) 5 L/ha + Simazina 50% 3 L/ha + Gramoxone super (Paraquat 27.6%) 2,5 L/ha;*
- ***T2.*** *Herbadox (Pendimethalin 33%) 5 L/ha + Simazina 50% 3 L/ha + Gramoxone super 2,5 L/ha;*
- ***T3.*** *Simazina 50% 3 L/ha + Gramoxone super 3 L/ha;*
- ***T4.*** *Simazina 50% 6 L/ha + Gramoxone super 3 L/ha y*
- ***T5.*** *Testigo.*

Los tratamientos se aplicaron con bomba de espalda, con boquillas de abanico plano, con un mojamiento de 330 L agua/ha cuando las malezas tenían 2 a 4 hojas verdaderas. Todos los tratamientos se aplicaron de preplantación el 7 de Julio de 1992.

Las variables evaluadas fueron porcentaje de control de malezas a los 80 y 180 (DDA), diámetro de tronco, altura y sobrevivencia a los 210 DDA.

(*) Ingeniero Agrónomo, División Agro BASF Chile S.A.

INFOR

El control de malezas de todos los tratamientos fue superior al testigo, sin presentar diferencias estadísticas entre ellos a los 180 DDA. El T1 presentó la mayor altura, siendo todos los tratamientos superiores al testigo. Sobre el diámetro de tronco resultó que todos los tramientos fueron superiores al testigo pero iguales entre sí. La sobrevivencia de plantas no presentó diferencias entre los tratamientos, pero si las hubo respecto al testigo.

INFOR

INTRODUCCION

En el creciente aumento de las plantaciones de eucalipto en Chile, la región mediterránea semi-árida no se ha quedado atrás. Su tasa de plantación anual alcanzó este año aproximadamente 6.000 ha, casi un 20% del total nacional.

Las perspectivas futuras indican un crecimiento sostenido en la región, crecimiento que no sólo se basa en las plantaciones de grandes empresas sino que también en un considerable interés por parte de pequeños y medianos forestadores particulares.

Si bien es cierto, la región presenta ciertas limitaciones para la plantación de **Eucalyptus**, especialmente en lo que a disponibilidad de agua se refiere. El mejor conocimiento y manejo de factores como elección de la especie adecuada, preparación de suelo, época de plantación, calidad de plantas, fertilización y control de malezas han permitido establecer con éxito plantaciones de este género en esta área.

Investigaciones tanto nacionales como extranjeras han demostrado que las malezas causan serias interferencias en las plantaciones de eucalyptus, que no sólo se reflejan en un menor crecimiento de los árboles, sino que son determinantes para la sobrevivencia de estos. Por este motivo y con el objeto de evaluar el efecto de diferentes alternativas de control químico de malezas sobre las variables altura, diámetro de tronco y sobrevivencia de plantas, se estableció esta investigación en el secano costero de la VI región.

La región mediterránea semi-árida de Chile se extiende entre los paralelos 30 y 36° LS, abarcando una extensa área de la zona central de Chile entre la IV y VII regiones.

Las precipitaciones anuales fluctuán entre los 200 mm en el límite norte a 800 mm en el límite sur, estas se concentran durante el invierno, siendo el período estival muy seco y prolongado, lo que constituye una característica de la región (Prado y Barros, 1989).

En la región se pueden distinguir dos importantes sectores. El secano costero que aunque posee precipitaciones limitadas tiene una gran influencia

INFOR

marítima caracterizada por neblinas matinales que constituyen un importante aporte de agua y el secano interior que no presenta esta característica por lo cual posee mayores limitaciones para plantar eucaliptos.

Esta marcada disponibilidad de agua limita el establecimiento de eucaliptos en la región, por lo cual la selección de la especie adecuada constituye un factor preponderante. Es así como **E. camaldulensis y E. cladocalyx** pueden adaptarse en la zona norte de la región con 200 mm de precipitación pero con crecimientos muy bajos (Barros, 1988).

La parte central y sur de la región constituye el área con mayores posibilidades para el establecimento de eucalyptus, especialmente en el secano costero. En esta área las precipitaciones fluctúan entre los 380 y 700 mm anuales y ha sido la que ha experimentado el mayor crecimiento de plantaciones de eucalyptus. En esta área **E. globulus spp globulus, E. globulus spp maidenii y E. globulus spp bicostata**, son señalados como los más aptos (Prado y Barros, 1991).

Las especies de **Eucalyptus** que se plantan en Chile son altamente susceptibles a la interferencia que causan las malezas en el ecosistema forestal, esto se traduce en competencia por agua, luz, nutrientes y espacio; daño físico, hospederos de plagas y enfermedades y alta fuente de propagación de incendios en el perïodo estibal (Kogan **et al.**, 1992).

La competencia por agua constituye uno de los mayores problemas que ejercen las malezas sobre los eucaliptos, especialmente en esta región donde las precipitaciones son de ocurrencia limitada y estacional. Las malezas compiten por agua y nutrientes antes de producir sombreamiento a las plantas de eucaliptos, por este motivo eliminar la competencia por un período prolongado es indispensable.

Cromer (1984), señala que la presencia de malezas en plantaciones de eucalyptus es la causa más importante de mortalidad, debido a la alta competencia que estas ejercen por agua, luz y nutrientes.

Investigaciones realizadas por BASF Chile S.A. en diversas áreas del país, coinciden con investigaciones del Instituto Forestal (Prado y Wrann, 1988) en el sentido que el control de malezas es un tratamiento altamente eficaz para asegurar un buen prendimiento y crecimiento de las plantas.

El control de malezas puede efectuarse con diferentes métodos, tales como, manual, mecánico, cultural, biológico y químico, siendo este último el más rápido y eficiente. Cada producto presenta características especiales y es labor de cada asesor recomendar el herbicida adecuado para cada situación en particular.

INFOR

Como señalara anteriormente es indispensable eliminar la competencia de malezas por un período relativamente prolongado.

En este sentido el uso de herbicidas suelo-activos que actuarán controlando malezas en germinación durante 3 a 4 meses en mezcla con herbicidas de contacto o sistémicos no selectivos que eliminen todo el material verde que se encuentre en activo crecimiento, constituyen una eficiente alternativa para el control químico de malezas en preplantación de eucalyptus.

Herbicidas suelo-activos son aquellos que ejercen su acción sobre malezas en germinación o en estado de plántulas por un período relativamente prolongado, son adsorvidos por los coloides del suelo siendo escaza su lixiviación, se ubican en los primeros centímetros de suelo por lo cual su control es más efectivo en malezas que se reproducen por semillas que germinan en la capa de suelo ocupada por el herbicida (Kogan **et al.**, 1992) dentro de estos podemos citar algunos como Simazina, Devrinol (Napropamida 50%) y Herbadox (pendimethalin 33%).

Los herbicidas de contacto no selectivos, se caracterizan por tener un amplio espectro de control de malezas, son muy solubles y tienen baja volatilidad, una vez absorvidos, actúan destruyendo el tejido vivo, eliminando la capacidad fotosintética de la maleza. Dentro de este grupo cabe destacar herbicidas del grupo de los amonios bipiridilos cuaternarios como Gramoxone super (Paraquat 27,6%), Reglone (Diquat 20%) y Farmon (Paraquat 16,6% + Diquat 14,9%). Dentro del mismo tipo de herbicidas pero con acción sistémica se destacan herbicidas como Glifosato y Sulfosato (Touch down), este último es la sal trimetilsulfonium del glifosato, ambos tienen el mismo efecto, modo de acción y espectro de control de malezas (AFIPA AG, 1993). Estos últimos por tener actvidad sistémica presentan un mejor control que los de contacto sobre malezas perennes, las cuales predominan desde la VIII región al sur, sin embargo desde la VII región al norte estas disminuyen dando predominancia a las malezas anuales tanto de hoja ancha como angosta.

En las áreas donde se plantan eucaliptos en la región mediterránea semiárida de Chile se encuentran malezas como: **Avena barbata** (Teatina), **Avena fatua** (Avenilla), **Bromus spp.**, **Erodium cicutarium** (Alfilerillo), **Cirsium vulgare** (Cardo), **Taraxacum officinale** (Diente león), **Acaena spp.** (Amor seco), **Plantago lanceolata** (Llantén), **Raphanus spp.** (Rabano), **Brassica campestris** (yuyo), **Escholtzia californica** (Dedal de oro), etc. Esta vegetación herbácea generalmente se encuentra asociada a malezas leñosas arbustivas y especies arbóreas nativas (Ramirez, 1980).

El o los herbicidas a utilizar dependerán de cada situación particular, debiendo buscarse la mejor alternativa en términos de costo/beneficio.

INFOR

MATERIAL Y METODO

Ubicación

La investigación se realizó entre Julio 1992 y Abril 1993 en el predio Los Cardos, propiedad de CMPC. Ubicado en la localidad de Pailimo en el secano costero de la VI región.

Objetivo

Evaluar el efecto y selectividad de diferentes alternativas para el control de malezas en plantaciones de **E. globulus** de la región mediterránea semi-árida de Chile.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con parcelas de 1.5 x 30 m como unidad experimental con 3 repeticiones por tratamiento y 45 plantas 1-0.

Tratamientos

T1. Devrinol (Napropamida 45%) 5,0 L/ha + Simazina 50% 3,0 L/ha + Gramoxone super (Paraquat 27,6%) 2,5 L/ha.

T2. Herbadox (Pendimethalin 33%) 5,0 L/ha + Simazina 50% 3,0 L/ha Gramoxone super 2,5 L/ha.

T3. Gramoxone super 3,0 L/ha + Simazina 50% 3,0 L/ha.

T4. Gramoxone super 3,0 L/ha + Simazina 50% 6,0 L/ha.

T5. Testigo sin aplicación.

Aplicación

Todos los tratamientos con herbicidas se aplicaron 3 días pre-plantación con bomba de espalda y boquillas de abanico plano. Se utilizó un mojamiento de 330 L agua/ha. A todos los tratamientos se agregó el adherente BASF Citowett al 0,05%. La aplicación se efectúo el 7 de Julio de 1992 cuando las malezas tenían 2 a 4 hojas verdaderas. Las malezas predominantes al momento de la aplicación fueron: avenilla, bromo, cardo, alfilerillo y diente de león.

INFOR

Todos los tratamientos recibieron la misma preparación de suelo y fertilización.

Evaluaciones

Se evaluaron las variables control de malezas a los 80 y 180 días después de la aplicación (DDA); diámetro de tronco, altura y sobrevivencia de plantas a los 210 DDA. Los resultados de los diversos tratamientos fueron analizados y sometidos a una prueba de Duncan con un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS

El análisis de los resultados arrojó claras diferencias entre todos los tratamientos con herbicidas respecto al tratamiento testigo sin aplicación, lo que coincide con lo señalado por otros investigadores, en el sentido que la competencia de malezas es un factor de alta incidencia en el establecimiento de eucaliptos.

La primera variable estudiada fue el porcentaje de control de malezas de los diversos tratamientos. La primera evaluación fue a los 80 DDA.

Como se observa en el Cuadro Nº 1, el tratamiento 4 (Simazina 6 L/ha + Gramoxone 3 L/ha) resultó ser el más efectivo y estadísticamente significativo respecto a todos los demás tratamientos con herbicida ($p < 0,05$). Sin embargo, hay que señalar que todos los tratamiento a excepción del testigo, presentaron excelentes controles de malezas, siendo todos superiores al 91%.

A los 80 días después de la aplicación ningún tratamiento mostró síntomas de fitotoxicidad en las plantas de eucalipto.

Cuadro Nº 1.

PORCENTAJE GENERAL DE CONTROL DE MALEZAS EN EUCALYPTUS A LOS 80 DDA.

TRATAMIENTO	REPETICION I	II	III	PROMEDIO
T1	95	95	95	95,0 ^{ab}
T2	95	95	95	95,0 ^{ab}
T3	90	90	95	91,6 ^{b}
T4	95	100	95	96,6 ^{a}
T5	0	0	0	0 ^{c}

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias estadísticas al 0,05.

INFOR

A los 180 DDA (Cuadro Nº 2), las malezas predominantes en el tratamiento testigo sin aplicación (T5) fueron: cardo, avenilla, alfilerillo y diente de león. En los tratamientos con herbicidas se observó un pequeño incremento en la población de malezas, sin embargo el tratamiento 4 se mantuvo con el mejor control. Es importante destacar que todos los tratamientos con herbicidas mantuvieron un buen nivel de control de malezas a los 6 meses de la aplicación, lo cual indica que aplicaciones de preplantación con mezclas de herbicidas de contacto y residuales permiten disminuir considerablemente la interferencia de malezas en las plantaciones de eucaliptos del secano costero de la región mediterránea semi-árida.

Cuadro Nº2

PORCENTAJE GENERAL DE CONTROL DE MALEZAS EN EUCALYPTUS A LOS 180 DDA.

TRATAMIENTO	REPETICION I	II	III	PROMEDIO
T1	90	90	90	90,0 [ab]
T2	90	90	90	90,0 [ab]
T3	85	85	90	86,6 [a]
T4	90	95	90	91,6 [b]
T5	0	0	0	0 [c]

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias estadísticas al 0,05.

Las variables relacionadas con crecimiento (altura y diámetro) y sobrevivencia de plantas fueron evaluadas a los 210 DDA. Todos los tratamientos con herbicida presentaron considerables diferencias respecto al testigo sin aplicación.

Para la variable altura, el tratamiento 1 resultó ser estadísticamente superior al resto de los tratamientos con herbicida y considerablemente superior (38,5%) respecto al testigo. Las diferencias obtenidas entre los tratamientos con herbicidas, como puede observarse en el Cuadro Nº 3 son mínimas.

INFOR

Cuadro Nº 3

ALTURA (cm) DE PLANTAS DE Eucalyptus globulus A LOS 210 DDA.

TRATAMIENTO	REPETICION I	II	III	PROMEDIO
T1	83,3	86,6	83,9	84,6 [a]
T2	81,4	78,2	81,9	80,5 [b]
T3	79,4	82,1	81,5	81,0 [b]
T4	84,4	81,2	84,3	83,3 [ab]
T5	50,9	53,2	51,3	51,8 [c]

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias estadísticas al 0,05.

Como se observa en el cuadro Nº 3, la interferencia de malezas influye considerablemente sobre la variable altura de plantas, debido principalmente a la menor disponibilidad de agua, luz y nutrientes que tienen estas últimas respecto a aquellas áreas libres de malezas.

El otro componente de la variable crecimiento, el diámetro de tronco, fue tomado a nivel del cuello de la planta y al igual que para las variables anteriores se observaron diferencias estadísticamente significativas entre todos los tratamientos con herbicidas y el testigo sin control de malezas, presentando el testigo respecto al promedio de los tratamientos un 38,4% menos de diámetro (Cuadro Nº 4).

Estos resultados coinciden con investigaciones anteriores realizadas por el departamento técnico de la división Agro de BASF Chile S.A. y con lo señalado por otros autores, comprobando que no sólo la sobrevivencia de las plantas se ve afectada por la interferencia de malezas, sino que, el crecimiento del año se ve considerablemente reducido al mantener una alta cobertura de malezas en la plantación.

INFOR

Cuadro Nº 4

DIAMETRO (cm) DE PLANTAS DE Eucalyptus globulus A LOS 210 DDA.

TRATAMIENTO	REPETICION I	II	III	PROMEDIO
T 1	1,3	1,3	1,4	1,3 [a]
T 2	1,3	1,2	1,3	1,3 [a]
T 3	1,1	1,3	1,2	1,2 [a]
T 4	1,4	1,3	1,5	1,4 [a]
T 5	0,8	0,9	0,7	0,8 [b]

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias estadísticas al 0,05.

La variable sobrevivencia de plantas no arrojó diferencias significativas entre los tratamientos con herbicida pero si las hubo con el tratamiento testigo, el cual presentó sólo un 53% de sobrevivencia, respecto a cifras cercanas al 90% obtenidas en los demás tratamientos (Cuadro Nº 5). Esto confirma lo señalado por (Prado y Wrann, 1988; Wrann e Infante, 1988; Prado y Rojas, 1987). Quienes coinciden en señalar que el control de la competencia es un tratamiento realmente efectivo y necesario para asegurar la sobrevivencia y crecimiento de las plantas.

Al globalizar la información obtenida en la investigación se observa que el control de malezas es sin lugar a dudas un tratamiento indispensable para el establecimiento exitoso de plantaciones de eucalyptus. Es importante señalar que este factor debe integrarse a otros como; selección de la especie adecuada, epoca de plantación, preparación de suelo, fertilización y calidad de plantas. Cada uno de estos funciona como un todo y por lo tanto en la medida que cada uno se optimize mayores probabilidades de éxito tendrá el establecimiento de plantaciones de eucalyptus en la región.

Como se ha demostrado a lo largo de la investigación, los tratamientos evaluados resultaron ser altamente eficientes en control de malezas, permitiendo disminuir la interferencia de éstas por un amplio período, lo cual es importante para reducir la fuerte competencia que ejercen las malezas por agua, más aún cuando este recurso es de disponibilidad limitada como es el caso de la región mediterránea semiárida.

INFOR

Cuadro N° 5

SOBREVIVENCIA (%) DE PLANTAS DE Eucalyptus globulus A LOS 210 DDA.

TRATAMIENTO	REPETICION I	II	III	PROMEDIO
T1	98	96	94	96 a
T2	94	92	93	93 ab
T3	91	88	91	90 ab
T4	98	94	93	95 a
T5	60	48	51	53 c

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias estadísticas al 0,05

El uso de herbicidas de contacto no selectivos como Gramoxone super tiene especial importancia para eliminar el material verde que se encuentra en crecimiento activo antes de plantar los eucalyptos. Este producto ha demostrado tener un amplio espectro de control sobre malezas anuales tanto de hoja ancha como angosta y que son justamente las que predominan en la región mediterránea semi-árida.

El incorporar herbicidas suelo activos permitió controlar malezas en germinación por un período prolongado, disminuyendo considerablemente la fuerte competencia que ejercen las malezas en plantaciones de eucalipto especialmente durante el primer año.

Para justificar el uso de uno u otro tratamiento investigado es importante tener presente la relación costo- beneficio. En este aspecto es necesario destacar que el tratamiento 3 (T3), constituye la alternativa más económica existente en el mercado.

CONCLUSIONES

El control de malezas es una labor fundamental para asegurar buenos prendimientos y crecimientos en plantaciones de **Eucalyptus globulus** del secano costero de la región mediterránea semi-árida.

Todos los tratamientos con herbicida resultaron ser significativamente superiores al testigo, para las variables estudiadas.

INFOR

El uso de Gramoxone super en mezcla con herbicidas suelo-activos permite disminuir considerablemente la competencia de malezas por un periodo prolongado en el secano costero de la región mediterránea semi-árida.

No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con herbicidas para las variables sobrevivencia y diámetro de tronco. Si las hubo para la variable altura, siendo T1 superior a los demás tratamientos.

REFERENCIAS

AFIPA, AG., 1993. Manual Fitosanitario 93-94. Asociacion Nacional de Fabricantes e Importadores de Plaguicidas Agrícolas.

Barros, S., 1988. Adaptación de Diversas Procedencias de **Eucalyptus camaldulensis** y **Eucalyptus globulus** en la Zona Semi-Arida de Chile. Actas Simposio de Manejo Silvícola del Género Eucalyptus. 9 a 10 de Junio 1988, Viña del Mar. Chile.

Cromer, R.N., 1984. Site Ameloriation for Fast Growing Plantations. IUFRO Symposium on Site and Productuvity of Fast Growing Plantations. Pretoria and Pietermaritzburg. South Africa.

Kogan, M., Fuentes, R. y Espinoza, N., 1992. Curso Biología de Malezas, Herbicidas y Estrategias de Control en el Sector Forestal. Concepción, Agosto 1992.

Prado, J.A. y Rojas, P., 1987. Preparación del Sitio y Fertilización en el Establecimiento de Plantaciones de **Eucalyptus globulus** en la zona semiarida de Chile. Ciencia e Investigación Forestal, 1 (1): 17-27.

Prado, J.A. y Wrann, J., 1988. La Importancia de la Preparación del Sitio y la Fertilización en Plantaciones de Eucalyptus. Actas Simposio Manejo Silvícola del Género Eucalyptus.Chile 9 a 10 de Junio 1988, Viña del Mar.

Prado, J.A. y Barros, S., 1989. Eucalyptus. Principios de Silvicultura y Manejo. Santiago, Chile, INFOR. Division Silvicultura, CORFO 199 p.

Ramirez, A., 1980. Malezas de Chile. Boletín Técnico N°21. INIA

Wrann, J. y Infante, P., 1988. Métodos para el Establecimiento de Plantaciones de **Eucalyptus camaldulensis** y **Quillaja saponaria** en la Zona Arida de Chile. Ciencia e Investigación Forestal, 2 (1): 13-25.

INFOR

UN METODO SIMPLE PARA EVALUAR TECNICAS DE ESTABLECIMIENTO

Oscar García (*)

RESUMEN

Supóngase que una mejora en técnicas o tratamientos de establecimiento acorta en δ años el tiempo necesario para alcanzar un tamaño final dado. Es posible entonces calcular un punto de quiebre para el costo adicional, como porcentaje del valor de la plantación, dados solamente δ y la tasa de interés o tasa interna de retorno. No se necesitan modelos o curvas de rendimiento, ni información detallada de precios y costos.

(*) Ingeniero Forestal, Magister en Estadística Matemática e Investigación Operativa. Ph.D. Universidad Georgia. Universidad Austral de Chile. Instituto Forestal. Santiago, Chile.

INFOR

INTRODUCCION

Con frecuencia es necesario evaluar técnicas de plantación o regeneración, o tratamientos de preparación del suelo tales como subsolado, fertilización o control de malezas. En principio, ésto podría hacerse usando un modelo de crecimiento capaz de estimar los efectos de las diferentes alternativas sobre el desarrollo de un rodal, proyectando los costos e ingresos correspondientes, y calculando índices de rentabilidad como el valor potencial del suelo de Faustmann (VPS) o la tasa interna de retorno (TIR). Sin embargo en muchos casos, y en particular para las plantaciones de eucaliptos, no existe información confiable de este tipo. Además, la complejidad del análisis no permite ver con claridad el impacto de los varios supuestos y errores de estimación.

Se presenta aquí una alternativa que a menudo permitirá determinar la viabilidad económica de una nueva técnica o tratamiento en forma sencilla, y con poca información detallada sobre crecimiento, ingresos o costos. En las siguientes secciones se presentan los fundamentos y el resultado principal, seguidos de un ejemplo de aplicación del método. La demostración y una discusión más a fondo de algunos aspectos técnicos se incluyen en los apéndices.

Supuestos

Considérese la comparación de un método "nuevo" de establecimiento con el método "normal" usado en la actualidad. Supóngase que comparado al método normal, el método nuevo produce un incremento (o retardo) transitorio en la tasa de desarrollo. La magnitud del cambio en la tasa puede variar en forma arbitraria en el tiempo, pero finalmente desaparece antes de alcanzar la edad de rotación. Sea el retorno neto en pesos por hectárea con el método normal una cierta función $R(t)$ de la edad de corta t. Entonces, para edades alrededor de la rotación óptima, el retorno con el método nuevo es

$$\bar{R}(t) = R(t + \alpha), \qquad (1)$$

dónde δ es una ganancia de tiempo. La función $R(t)$ no necesita ser conocida, pero se supone que tenemos una estimación de δ. Estas implicaciones se analizan en

INFOR

más detalle en el Apéndice 1.

Dada una tasa de interés *i*, los métodos pueden compararse a través del VPS. Este es el flujo neto actualizado de dinero, suponiendo precios constantes y sin incluír el costo del terreno, sobre un número infinito de rotaciones óptimas:

(para el método normal), dónde C es el costo de establecimiento y $\alpha = 1/(1 + i)$ es el factor de actualización (Leuschner, 1990; Johansson and Lofgren, 1985).

Alternativamente, la comparación puede ser en términos de la TIR, que es el valor de *i* para el cuál el VPS se hace igual al costo de la tierra (o, más precisamente, el mayor de estos *i* en caso de soluciones múltiples). La misma ecuación (2) es válida, dónde ahora *i* se interpreta como la TIR, y L como el costo de la tierra[1].

Como se acostumbra en los libros de texto, para simplificar la presentación de los costos o ingresos intermedios que no han sido indicados explícitamente en (2), estos deben tratarse con cierto cuidado para mantener la validez de (1). Costos o ingresos recurrentes que no dependen de la edad de rotación (administración, protección) se consideran incorporados en L, como valor actualizado. Aquellos que ocurren una vez en la rotación, independientemente de su extensión (por ejemplo re-espaciamiento), se actualizarían e incluirían en C. Aquellos afectados por la ganancia de tiempo δ (raleos de producción) se capitalizarían e incluirían en R.

RESULTADOS

Defínase el punto de quiebre $\overline{C}$ como el costo de establecimiento para el método nuevo que daría el mismo VPS (o TIR) que el método normal. Entonces,

$$\frac{\overline{C} - C}{L + C} = (1 + i)^{\delta} - 1. \qquad (3)$$

Este es el punto de quiebre para el costo adicional, relativo al valor de un rodal recién establecido. La demostración se entrega en el Apéndice 2.

1 La TIR tal vez no merece todas las críticas que frecuentemente recibe (por ejemplo Leuschner (1990), Capítulo 9). Bajo los supuestos usuales de precios constantes, etc., maximizar el VPS maximiza el retorno por unidad de área, lo que es apropiado si la tierra es el factor limitante. La maximización de la TIR podría ser preferible si el factor limitante es el capital.

INFOR

El Cuadro Nº 1 muestra algunos valores de (3), expresados como porcentajes. En muchos casos la información disponible será suficiente para tomar decisiones sobre tratamientos propuestos. De cualquier modo, la sencillez de esta relación facilita la comprensión y la exploración a través de análisis de sensibilidad del impacto de diferentes estimaciones.

Cuadro Nº 1.

PUNTO DE QUIEBRE PARA EL COSTO ADICIONAL RELATIVO (%).

Ganancia de tiempo (años)	Tasa de interés o TIR (%)					
	4	6	8	10	15	20
1	4	6	8	10	15	20
2	8	12	17	21	32	44
3	12	19	26	33	52	73
4	17	26	36	46	75	107

EJEMPLO

Se estima que un cierto tratamiento produciría una ganancia de dos años en comparación con la práctica actual. Con una tasa de interés del 8% el Cuadro Nº 1 indica que el nuevo tratamiento sería rentable si el costo no aumenta en más de un 17% del valor del rodal (valor del suelo más costo de establecimiento).

Por otro lado, si se estima que el costo adicional no supera el 8% del valor del rodal, sería sólo necesario para que el tratamiento sea rentable, producir una ganancia de un año en su desarrollo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se originó en conversaciones con el Ingeniero Forestal César Alarcón, del Instituto Forestal, sobre la rentabilidad de la aplicación de astillas de deshecho del madereo al suelo en plantaciones de eucalipto.

INFOR

REFERENCIAS

García, O., 1974. Modelos Matemáticos de Rodal. Informe Técnico Nº 48, Instituto Forestal, Chile.

García, O., 1979. Modelling Stand Development with Stochastic Differential Equations. Mensuration Systems for Forest Management Planning. Editor D. E. Elliott. Forest Research Institute. New Zealand Forest Service, Symposium Nº 20: 315-334.

García, O., 1988. Growth Modelling - A (re)view". New Zealand Forestry, 33(3): 14-17.

García, O., 1993. Stand Growth Models: Theory and Practice. Advancement in Forest Inventory and Forest Management Sciences, Proceedings of the IUFRO Séoul Conference. Forestry Research Institute of the Republic of Korea.

Johansson, P.O. and Lofgren, K.G., 1985. The Economics of Forestry and Natural Resources. Blackwell, New York.

Leuschner, W.A., 1990. Forest Regulation, Harvest Scheduling, and Planning Techniques. Wiley, New York.

Padulo, L. and Arbib, M.A., 1974. System Theory. Hemisphere, Washington, D.C.

APENDICE 1. CRECIMIENTO

Como en cualquier sistema dinámico, el desarrollo de un rodal forestal puede ser descrito por una función de transición local:

$$\frac{dx}{dt} = f(x, u) \qquad (4)$$

y una función de salida

$$y = g(x) \qquad (5)$$

(García, 1993, 1988, 1979, 1974; Padulo y Arbib, 1974). El vector de estado **x** representa características variables en el tiempo relevantes al desarrollo del rodal. Sus elementos pueden variar desde unas pocas variables agregadas tales como área

INFOR

basal, árboles por hectárea y altura dominante, en modelos a nivel de rodal, hasta una lista de todas las dimensiones y coordenadas de los árboles individuales, en modelos dependientes de distancias. El vector de control **u** representa tratamientos silvícolas y otros "inputs". El vector de salida **y** corresponde a cantidades de interés tales como volúmenes y valor. También se puede usar ecuaciones en diferencias en lugar de ecuaciones diferenciales.

Suponemos que el efecto del nuevo método de establecimiento es alterar la tasa de desarrollo inicial por algun factor de proporcionalidad, no necesariamente constante, y que el efecto (directo) desaparece cierto tiempo antes de cualquier edad de rotación a considerar. O sea, (4) pasa a ser:

$$\frac{dx}{dt} = h(t)\, \mathbf{f}(x, u),$$

donde $h(t)$ puede ser cualquier función del tiempo siempre que $h(t) = 1$ para t igual o mayor que la edad de rotación. Suponemos además que cualesquiera de los tratamientos silvícolas u otros "inputs" están ligados al estado del rodal, de modo que **u** es una función de **x** y no de t.

Con estos supuestos el efecto del método nuevo (mejorado) puede verse como una deformación de la escala de tiempo en los años iniciales a través de la transformación $dt \rightarrow h(t)\, dt$. Por integración se ve que el estado de un rodal mejorado al tiempo t es igual al estado del rodal normal al tiempo

$$\int_0^t h(s)ds = t + \int_0^t [h(s) - 1]ds.$$

El segundo integrando se anula antes de la edad de rotación, con su integral alcanzando un valor final δ. Claramente, las proyecciones (salidas) de rodales normales y mejorados a la edad de rotación, siendo funciones de **x**, se relacionan a través de la sustitución $t \rightarrow t + \delta$.

Tal vez el supuesto más dudoso, es que el nuevo método altera las tasas de cambio de todas las variables de estado en la misma forma, a través del factor $h(t)$. Por ejemplo, existen situaciones donde el crecimiento en altura puede reaccionar en forma diferente que el crecimiento en diámetro. Sin embargo, la aproximación es probablemente suficiente para este tipo de análisis.

Se puede mencionar, de paso, que diferencias sostenidas en el crecimiento debidas a mejoramiento genético, fertilización continuada, u otros tratamientos que

INFOR

causan cambios permanentes o de larga duración en la calidad de sitio, son modeladas comúnmente como incrementos porcentuales en rendimiento y salidas. Tendríamos $\bar{R}(t) = k\,R(t)$, pero esta relación no es una consecuencia natural de las consideraciones de Teoría de Sistemas explicadas anteriormente. Sería más satisfactorio incrementar la tasa de desarrollo por un factor constante $h(t) = k$, dando $\bar{R}(t) = R(kt)$ (García, 1993). Para éste caso no ha sido posible obtener resultados similares a los anteriores.

APENDICE 2. DEMOSTRACION

Por el supuesto de invariancia en el tiempo, está claro que el VPS puede escribirse como la suma de los retornos de la primera rotación (de largo óptimo) y el VPS del rodal que queda después, con todas las cantidades actualizadas al presente. Para el método normal:

$$L = \max_t \{\alpha^t R(t) - C + \alpha^t L\} = \max_t \{\alpha^t [R(t)+L]\} - C \quad (6)$$

(Nótese que una derivación alternativa de (2) se obtiene despejando L). Esto es válido también para la TIR, con un cambio en la interpretación de L y de α (o de i).

El punto de quiebre en el costo, $\bar{C}$, es el valor que da el mismo L con el método nuevo (o el mismo α bajo la interpretación correspondiente a la TIR):

$$L = \max_t\{\alpha^t[\bar{R}(t)+ L]\} - \bar{C} = \max_t\{\alpha^t[R(t+\delta) + L]\} - \bar{C}$$

$$= \max_t\{\alpha^{t-\delta}[\bar{R}(t) + L]\} - \bar{C} = \alpha^{-\delta}\max_t\{\alpha^t[R(t)+ L]\} - \bar{C}$$

Despejando $\bar{C}$ y usando (6) para eliminar el término que contiene $R(t)$.

$$\bar{C} = \alpha^{-\delta}(L + C) - L,$$

y

$$\bar{C} - C = (\alpha^{-\delta} - 1)(L + C),$$

lo que prueba (3).

INFOR

TEMA III

PLAGAS Y ENFERMEDADES

INFOR

PATHOGEN AND PEST THREATS TO CHILEAN EUCALYPT PLANTATIONS

G. A. Kile (*)

ABSTRACT

In their natural habit the 500 or more species of eucalypts are subject to attack or infection by broad range of pests and pathogens. These endemic host-pathogen (pest) associations have variable impacts on forests in space and time but some may cause significant epidemics. Eucalypts, when grown as exotics, suffer much reduced pest and disease loads although some organisms have spread from the natural range of the eucalypts and new pests and pathogens have transfered to eucalypts from other hosts in some new environments. In these instances lack of natural biological control, changed cultural conditions for the host, or favourable environmental conditions for the pest or pathogen may result in severe epidemics of introduced pathogens on exotic hosts.

In Chile, where temperate eucalypt species are widely grown, some pathogens found on the selected species in their natural range are already present (e.g. ***Mycosphaerella spp.***, ***Phoracantha semipunctata***). *Appropriate quarantine arrangements are necessary to reduce the risk of further introductions. So far no examples of serious pests or pathogens transferring from native Chilean plants to eucalypts are known. Managers need to monitor plantations for outbreaks of pests and diseases, evaluate their economic impacts and foster close links with pathologists, entomologists, silviculturalists and tree breeders to ensure appropriate research is undertaken in the event of serious pest and disease problems.*

(*) CSIRO Division of Forestry PO Box 4008. Queen Victoria Terrace, ACT 2600. Australia.

INFOR

FACTORS INFLUENCING SUSCEPTIBILITY TO PESTS AND DISEASES

Monocultures and Reduced Genetic Diversity

Single-species forestry, or monoculture, has been a controversial subject over many years in terms of increased susceptibility to pests and diseases (Carne, 1973), although evaluation of such claims from around the world does not confirm that such stands are necessarily more at risk than mixed stands (Burdon, 1982; Bain, 1981). Trees are almost always highly heterozygous and studies have indicated forest trees have the greatest genetic variability of any organisms (Zobel, 1980). Thus, even in a monoculture of outcrossed progeny, individual trees are not homozygous in the way that plants in some agricultural crops may be, and substantial variation in susceptibility to pests and diseases can be expected. In addition the now common practice of developing breeding populations from several provenances of a species may well result in plantations which are more heterozygous than populations in their natural habitat.

The greatest risk from pests and diseases in monocultures arises when stands are composed of a small number of vegetatively propagated genotypes (clones) which are susceptible to a particular pest or disease. The serious effect of the introduction of poplar rusts into Australia in the 1970s has been attributed to high susceptibility to rust of most of the restricted number of clones then used in plantations. For mass vegetative propagation it is important that the susceptibility to significant extant pests and diseases be known for the individual clones, or parents of crosses, or families involved. Libby (1982), discussing the problem of reduced genetic base, concluded that the most robust strategy appeared to be mixtures of modest numbers (7 to 12) of clones. The number of unrelated families (and perhaps provenances) that these clones are drawn from is perhaps more important than the number of clones **per se**.

Use of Species Outside their Natural Climatic Range

Many species of eucalypts appear highly adaptable and able to survive and grow rapidly under a broader range of climatic conditions than those occurring in their natural range. **Eucalypts globulus**, for example, although a cool temperate species, performs well in mediterranean environments in Australia and elsewhere around the world. It is frost sensitive, however, and

INFOR

more susceptible to pests and diseases in summer rainfall environments. Eco-physiological adaptation of introduced species to new environments has in the past usually been tested on a trial and error basis. New species-climate matching techniques offer greater precision in regional species selection and the opportunity to avoid increased pest and disease attack which may be related to poor environmental adaptation (Booth, 1991a-b).

Regimes for plantation establishment and management

The techniques used to establish and manage plantations can lead to a vastly different environment from that existing in the natural forest ecosystem and this may influence susceptibility to pests and diseases. For example, the fertilizer regimes used in plantations may result in a changed plant nutrient status. Many pest species have been shown to respond to the altered nutrition of their host plants and the pest status of existing threats to plantations could alter if cultural practices are changed (Landsberg, 1990a-b).

Climatic change

The possibility of climatic changes from an intensified greenhouse effect has accelerated thinking on the effects of these changes on susceptibility of plantations to pests and diseases. Such changes may have direct effects (e.g. for insects, larger egg batches, shorter incubation times, more frequent oviposition and greater survival of over-wintering adults) or indirect effects through factors such as increased drought stress (favouring pests or pathogens attacking stressed trees) or higher summer rainfall which may favour foliar pathogens. However, because any climatic change will affect pests and diseases, biocontrol agents and hosts, predictions of change in prevalence of pests and pathogens need to be treated with caution at this time.

DISEASES

It is not possible to predict with confidence the identity of organisms likely to be of economic significance in Chilean eucalypt plantations given the complexity of host-pathogen (pest) environment interactions. There are already examples of organisms of minor importance in eucalypt forests in Australia which have become important problems in exotic locations. Economic importance in turn depends on degree of damage, the host tissues affected, length of rotation and the forest product. The following is a brief commentary on various types of pathogens and pests which are either already present in Chile or if introduced could be of significance.

INFOR

Leaf and shoot diseases

Many fungi have been described from diseased eucalypt foliage, but few detailed studies have been made of these diseases and in most cases the pathogenicity of the fungi has not been demonstrated. Some of these fungi are non-specialised facultative pathogens with wide host ranges and others are more specialised, having clearly evolved with eucalypts in their centre of diversity in Australia. Whereas leaf diseases are very common on eucalypts growing in native forests they have rarely been a problem in forest management. Epidemics of leaf pathogens have been more frequent in eucalypt plantations, they have caused significant damage in some plantations in New Zealand and South Africa and have restricted the use of particular species (Crous **et al.**, 1989; Cheah, 1977). Disease outbreaks may develop rapidly given appropriate environmental conditions and can cause damage at all stages of host development.

Amongst dozens of organisms recorded on eucalypt foliage and shoots, several appear to have pathological significance, some probably indigenous pathogens have been widely recorded outside Australia and at least one important pathogen (**Puccinia psidii**) has transferred to eucalypts from other myrtaceous hosts in sub-tropical-tropical South America. Fungal species of importance in temperate and/or mediterranean environments include **Aulographina eucalypti**, **Mycosphaerella molleriana**, **M. cryptica**, **Botryosphaeria ribis**, **Kirramyces epicoccoides** and **Pseudocercospora eucalyptum**. Of these **M. molleriana** appears to be of the greatest international importance. **Mycosphaerella molleriana** is restricted to **Symphomyrtus** species, causing severe leaf spotting and defoliation of juvenile and intermediate foliage. There is evidence that the fungus was so destructive on **E. globulus** in South Africa during the 1930s that it contributed to the abandonment of **E. globulus** and certain provenances of **E. nitens** as plantation species.

Cankers

Stem cankers have the potential to reduce tree growth and to have severe effects on wood quality. The most important canker disease of eucalypts in plantations in tropical areas is **Cryphonectria cubensis** (Hodges and Reis, 1976). It seems unlikely that environmental conditions would favour its development in Chile, however, as the pathogen is favoured by high rainfall (> 2.000 mm a^{-1}) and temperatures above 23°C (Swart and Conradie, 1992). **Endothia gyrosa** may prove to be of the greatest significance as a canker pathogen in temperate areas. This species is best known as a pathogen on pin

INFOR

oaks in the United States (Roane **et al.**, 1974) but is also found on a range of eucalypt species in Australia, Portugal and South Africa (Walker **et al.**, 1985; Spaulding, 1961; Van Der Westhuizen **et al.**, 1993) including **E. nitens**, **E. viminalis**, **E. saligna**, **E. regnans** and **E. delegatensis**. Disease expression is enhanced by defoliation and possibly water stress (Old **et al.**, 1990; Appel and Stipes, 1984). This fungus has recently been associated with cankers developing around pruned branch stubs on **E. nitens** in Tasmania (Wardlaw pers. comm.).

Some species of eucalypts are also susceptible to infection by the chestnut blight fungus, **Cryphonectria parasitica** (Old and Kobayashi, 1988). Introduction of this fungus into eucalypt-growing areas with susceptible hosts and suitable environmental conditions could potentially result in a new disease problem.

Stem rots

Decay of the above and below ground woody tissue of eucalypts may reduce the trees growth rate and diminish the amount or quality of wood products manufactured because of discoloured or decayed wood. The incidence of decay in fast-growing plantation eucalypts may be high (Castro and Krugner, 1982; Gadgil and Bawden, 1981) although volume losses are generally low. In short-rotation pulpwood regimes decay is therefore unlikely to be a significant economic factor, but this may not be the case if plantations are grown on longer rotations for the purpose of producing solid wood products. **Laetiporus sulphureus**, which causes a brown rot, is one of the few heart rots that has achieved some importance in eucalypts as exotics (Gibson, 1975).

Rapid stem diameter growth impedes the normal branch-shedding mechanism in eucalypts. Dead, unshed branches or branch stubs that have not completely occluded are important entry points for decay organisms in eucalypts (Marks **et al.**, 1986; Gadgil and Bawden, 1981). Pruning stubs may also be infection courts for decay fungi but the interaction between pruning and decay/canker development in eucalypts requires further study. Recent sawing studies in plantation-grown **E. globulus**, **E. regnans** and **E. nitens** in Tasmania and Victoria produced recoveries of engineering and appearance grade products only one third of that from equivalent trees of the same species from natural forests (Waugh pers. comm.). This poor result was due to large knots and a high incidence of discolouration and decay. Monitoring of defect development in pruned trees or trees grown in a long rotation for solid wood products is necessary so as to be able to evaluate whether an economic return on the investment is possible.

INFOR

Rootrots

Root rots caused by species of **Oomycetes**, but particularly by **Phytopthora cinnamomi**, are an important problem in some natural eucalypt forests in southern Australia (Old, 1979). It is unlikely species of **Phytophthora /Pythium** will be of particular importance in Chilean on plantations as the commercially important **Symphomyrtus** species **E. globulus** and **E. nitens** are generally more tolerant of infection by these species than **Monocalyptus** species such as **E. regnans** and **E. delegatensis**. Planting on well drained fertile soils should further minimise the hazard.

Eucalypts as exotics have been attacked by a number of woody root rot organisms including species of **Armillaria**, **Pseudophaeolus baudonii**, **Ganoderma lucidum**, **Amylostereum sacratum** and **Junghuhnia vincta**.

Where plantations are established on land free of woody residues from previous forests or tree crops, root rot caused by such species should not be a problem at least in the first rotation. Species such as **Armillaria** can, however, establish in "new forests" through the infection of stumps leading to the creation of new infection foci over time. The capacity of indigenous Chilean **Armillaria** species or other native woody root rot organisms to infect eucalypts may be evaluated where eucalypts are planted on cutover native forest sites.

Nursery diseases

Nursery diseases may impact on the production of planting stock and therefore planting programmes. They may necessitate the culling of stock, loss of valuable genetic material or result in poor establishment or survival in the field and the need to replant. Pathogens may also be transferred to new areas on infected plants.

There is a need to identify disease problems facing nursery production and to develop an appropriate disease management strategy. Control measures must be considered in the context of all nursery operations including the use of container or open rooted stock, treatment of potting media, fertilizer regimes and weed control. A range of common nursery disease have been recorded in Chilean eucalypt nurseries including **Botrytis cinerea** (Jayawickrama **et al.**, 1993). Control of this species can be achieved by cultural methods and selective chemical application. **Cylindrocladium spp.** are also recognized as of particular importance in eucalypt nurseries in South America (Reis and Hodges, 1975).

INFOR

INSECT PESTS

A vast insect fauna has co-evolved with and is dependent on the eucalypts. Every part of a eucalypt may provide habitat for numerous forms of insect life at some stage of the host life cycle. However, of the large number of insects found on eucalypts remarkably few have attained pest status. Compared with the risk of potential spread of pathogens with airborne spores, dispersal of damaging insects beyond Australia should be preventable. Examples such as the migration of **Phoracantha semipunctata**, **Gonipterus scutellatus**, **Paropsis charybdis** and **Antheraea eucalypti** to one or more overseas countries, although occurring before quarantine practices were widely implemented, demonstrate the need for awareness and risk evaluation. In addition a range of indigenous often non-host specialised insects may attack eucalypts in new environments (Atkinson **et al.**, 1991).

Foliage and shoot feeders

Important defoliating insects including those that damage shoots and buds include (a) species of phasmatids (stick insects)outbreaks of which may periodically cause partial or complete defoliation of large areas of native forests in south eastern-Australia; (b) chrysomelids (leaf beetles), particularly species of the genera **Paropsis** and **Chrysoptharta** which cause extensive defoliation of temperate eucalypts in native forests and plantations and feed preferentially on the terminal leaves and shoots and destroy apical buds; (c) scarabaeids (pasture scarabs), particularly species of **Anoplognathus** which may cause conspicuous defoliation of eucalypts planted on former pasture lands; (d) psyllids, small homopterans which produce and shelter beneath a scale or lerp on the leaves from which they suck the sap causing discolouration and leaf fall. Species of **Cardiaspina** and **Glypcaspis** are of most concern to forestry; (e) moths such as the cup moths (**Doratifera spp.**), the emperor gum moth (**Antheraea eucalypti**), the autumn gum moth (**Mnesampela privata**) and the gumleaf skelotiniser (**Uraba lugens**) which can cause leaf webbing and various forms of defoliation on a local-broad scale; (f) sap sucking bugs and weevils such as **Amorbus** and **Gelonus** species cause wilting and collapse of the terminal shoots in **E. regnans**, **E. obliqua** and **E. delegetansis**. When attack is severe apical dominance may be lost. A few of these species can be taken to illustrate the impact of pests in native forests and plantations, and as examples of classical biological control to reduce damage due to introductions.

Chrysoptharta bimaculata is a major defoliator of the ash group of eucalypts (**E. regnans**, **E. obliqua**, **E. delegetansis**) throughout its natural range in Tasmania. Importantly it has adapted to feed on the mature foliage of

INFOR

E. nitens, a species introduced to Tasmania for plantation purposes. Both larval and adult stages of **C. bimaculata** feed on the foliage of eucalypt hosts causing extensive defoliation and increment loss. Six-year-old trees of **E. regnans** had height, basal area and biomass increment approximately 40-50% less than insecticide-protected trees over a two year period (Elliott **et al.**, 1993).

Another defoliating paropsine, **Paropsis charybdis** (eucalypt tortoise beetle), was found in New Zealand in 1916. Although considered a minor insect in Australian eucalypt forests the damage to **E. nitens** and **E. viminalis** was sufficiently severe to limit the use of those species in that country. Only since the development of effective biological control by the egg parasite **Enoggera nassaui** during the 1980s has the use of **E. nitens** been reconsidered (Miller **et al.**, 1992). **Gonipterus scutellatus** (eucalypt snout beetle), which feeds on and destroys young leafy shoots, is widely distributed in Australia. When introduced to South Africa and New Zealand early this century it became a serious pest especially on **E. globulus** and **E. viminalis**. Introduction of the mymarid egg parasite **Anaphes nitens** to these countries, together with the use of less susceptible eucalypt species has greatly reduced the pest status of this species (Atkinson **et al.**, 1991). Another defoliator **Trachymela tincticollis**, which was found in South Africa in 1982, has also been controlled biologically (Atkinson **et al.**, 1991).

Mnesampela privata can cause extensive damage to a range of species (including **E. camaldulensis**, **E. delegetansis**, **E. globulus**, **E. viminalis**). When populations are high, non-preferred species such as **E. grandis** may also be attacked. It favours juvenile foliage and hence young trees are most severely defoliated (Elliott and Bashford, 1978, Farrow pers. comm.).

The leaf blister saw fly **Phylacteophaga froggatti** causes defoliation of juvenile foliage of several eucalypts and has been noted as a pest of increasing importance in plantations in more arid inland areas in Australia where trees may be grown under irrigation (Farrow pers. comm.). It mines the upper surface of juvenile leaves and young adult foliage (Farrell and New, 1980).

Insects feeding on wood and inner bark

While defoliation or shoot and bud damage reduce growth rates and if severe may alter tree form, stem-feeding insects may result in tree death or wind snap of stems, or severely degrade timber quality and strength. The latter effects may include allowing entry of decay organisms. Important insect groups include the Isoptera (termites), Cerambycidae (long horned beetles) and Hepalidae, Cossidae and Xyloryctidae (wood boring Lepidoptera).

INFOR

Termites can be an important constraint to establishing eucalypts in sub-tropical-tropical environments in Africa, India and South America (Canty, 1991). Attack on seedlings, particularly in the first year after planting, by fungus-growing termites can cause death through root destruction or ringbarking. The termites attacking eucalypts in Australia are not fungus growers and attack the heartwood of mature trees rather than bark and roots. While best silvicultural practice or species selection may help to limit damage, chemical control remains the most effective method (Atkinson **et al.**, 1991; Canty, 1991).

The most important Cerambycid pest of exotic eucalypts is **Phoracantha semipunctata** whose broad host range includes **E. globulus**, **E. grandis**, **E. saligna**, **E. pilularis**, **E. camaldulensis**, and **E. viminalis**. Females lay batches of eggs in fissures or depressions in the bark or major branches from where the larvae bore to the level of the cambium, then forming galleries both above and below the point of entry. After feeding they bore further into the stemwood and pupate. Heavy attack results in stem girdling and tree death. The species has become a major pest of planted eucalypts in several overseas countries and was found in California in 1984 (Scriven **et al.**, 1986). In Australia it is a minor secondary pest of severely stressed or dead eucalypts. In exotic environments where drought stress predisposes trees to attack, a much greater proportion of living trees may be killed, limiting the range of sites of which species such as **E. globulus** may be planted (Farrall **et al.**, 1991; Löyttyniemi, 1991; Scriven **et al.**, 1986; Chararas, 1969). High standards of site selection, plantation management, sanitation fellings and trap trees are the most effective methods of minimising losses. **Phoracantha recurva** has also been recorded in southern Africa (Atkinson **et al.**, 1991).

Other cerambycids are a potential threat to eucalypt plantations. **Tryphocaria** is a genus closely related to **Phoracantha** but its species are so far restricted to Australia. **Tryphocaria acanthocera**, **T. masterisi** and **T. solida** are known to attack regrowth and plantation eucalypts in various Australian locations. In New South Wales **T. solida** has damaged **E. grandis** the incidence of attack being highest on fertilised trees but apparently unrelated to tree diameter, soil type or provenance.

Hepialids and cossids are amongst the largest Australian insects, with wingspans of some species exceeding 20 cm and larvae growing to 15-20 cm. In infested eucalypt saplings larval feeding reduces wood quality but native birds (cockatoos) may extract the larva from the stem, leading to the weakened stems being blown over (McInnes **et al.**, 1978).

INFOR

EVALUATION OF IMPACTS

To place any control program into economic perspective, the accurate evaluation of the impact of particular pests and diseases on plantation productivity is essential. This evaluation needs to be incorporated into models of predicated impacts which forest managers can use in conjunction with climatic data and simple field sampling techniques which provide the raw data on pest or pathogen population levels (Elliott **et al.**, 1992). By this process, managers can determine the need for control measures to be applied and select the most effective method.

MINIMISING LOSSES

Chilean eucalypts plantation currently enjoy freedom from most of the pests and diseases which affect eucalypts in their natural habitat. Appropriate quarantine protocols are therefore necessary to minimise the risk of further introductions both on an inter-and intra-continental basis. Risk analysis is a key element in quarantine policy development which must encompass a range of factors beyond knowledge of a particular pest or disease and establishing measures to counter its entry (Lindsay, 1988).

The emphasis of control methods should be on non-chemical methods such as biological control, breeding for resistance to pests and diseases, and the use of silvicultural methods such as thinning and pruning to maintain host tree vigour. Integrated Pest and Disease Management (IPDM) is a technique which combines several control methods. By increasing our knowledge of individual pests and diseases and their interaction with host trees we can best evaluate which of the control methods are appropriate within an IPDM program.

Possibly the most critical aspect of any strategy for future pest and disease management in plantations is the use of chemicals in control programs. The increasing public concern about use of chemicals in agriculture and forestry makes it essential that every chemical control program is based on detailed research into the pest or disease problem and on chemicals which are as environmentally safe as possible.

A basic part of strategies used against pests and diseases should be maintenance of sufficiently wide genetic bases in both the breeding populations and plantations. Genetic control of economically important characters is usually multigenic and independent of pest and disease resistance. It is therefore possible to narrow the genetic base for characters such as wood density while broadening the base for pest and disease resistance (Zobel,

INFOR

1980). However, there will be a need for compromise between maximisation of growth and maintenance of resistance to pests and disease in the genetic stock used for plantations.

Evidence of genetic variation in resistance to a number of pests and disease in eucalypts has become available in recent years and this suggests breeding or selection for pests and diseases will have a greater emphasis in tree improvement research than has been the case so far with eucalypts. For example Floyd and Farrow (in press) found significant variation in susceptibility between provenances of **E. globulus** to **Mnesampela privata** and **Phylacteophaga froggatti** in a trial in Victoria. Raymond (pers. comm.) has also show significant variation at provenance/family level in the resistance of **E. regnans** and **E. nitens** to defoliation by **Chrysoptharta bimaculata**. Similar variation in susceptibility to **Mycosphaerella molleriana** has been demonstrated in **E. globulus** (Carnegie pers. comm.) while provenance variation in susceptibility to this pathogen in **E. nitens** has been known for sometime (Lundquist **et al.**, 1987). Intraspecies variation to **Cryphonectria cubensis** has also been utilised via vegetative propagation in eucalypts in Brazil and South Africa. Current research with temperate eucalypts will determine the significance of gains that may be made through this approach in breeding programmes.

CONCLUSIONS

Considering the severe losses in productivity which can occur in plantations from attack by pests and diseases, it is essential that plantation proposals are evaluated in relation to pest and disease hazard. If the genetic base of plantation stock is narrowed to gain productivity, then the risk of using this stock in relation to pest and disease hazard needs to be balanced against the expected economic benefits. Fortunately increased genetic diversity may be responsible for improvement in growth as well as increased potential extance to damaging agents.

Maintenance of strong links between researchers and forest managers will enable production of relevant data on pest and disease biology and development of procedures for monitoring pest and disease populations and impacts, so that decisions on control strategies are soundly based, both environmentally and economically. An on-going research program in forest entomology and pathology will provide a source of expert advice when potentially serious problems emerge, as they will almost inevitably do from time to time.

INFOR