

NOTA CIENTIFICA

Análisis preliminar de la compatibilidad inter e intraespecífica de algunas especies nativas y exóticas en cultivo hidropónico

Preliminary analysis of inter- and intra-specific compatibility of some native and exotic species under hydroponic conditions

VERONICA LOEWE M.¹, MARTA GONZALEZ O.²

¹Ing. Forestal, Profesora Pontificia Universidad Católica de Chile. Jefe de Proyectos, Instituto Forestal INFOR), Sede Centro-Norte, Huérfanos 554, Santiago. e-mail: vloewe@infor.cl.

²Ing. Forestal, Instituto Forestal (INFOR), Sede Bío-Bío, Camino a Coronel km 7,5, San Pedro de la Paz, Concepción. e-mail: mgonzale@infor.cl

SUMMARY

In order to achieve a higher sustainability of productive processes, it is necessary to conduct a specific investigation on phytodiversity, allelopathic associations and the methods of maximizing cenotic interactions. With a productive objective in mind, this type of study is necessary for a better understanding of the processes that operate in mixed plantations. It can also facilitate the designs to be used in specific situations and for obtaining the maximum capacities from the site and species. The principles that regulate allelopathic relationships can be studied in different ways such as a laboratory analysis that simulates primary allelopathic effects (direct interactions among species). This is a useful tool for analyzing ecological problems and is undertaken by means of an analysis of data obtained when associating different species in hydroponic culture. This paper presents the obtained results of the reactions of seven species, both native and exotic, under hydroponic conditions and constitutes an indicator of the degree of intra- and inter-specific compatibility of the studied species.

Key words: hydroponics, allelopathy, compatibility, forest species.

RESUMEN

Para orientarse hacia una mayor sostenibilidad de los procesos productivos es necesaria investigación específica sobre fitodiversidad, asociaciones alelopáticas y formas de maximización de las interacciones en la cenosis*. Este tipo de estudios resulta necesario para un mejor entendimiento de los procesos que operan en las plantaciones mixtas con objetivo productivo, y pueden facilitar los diseños a emplear en situaciones específicas, de modo de potenciar al máximo las capacidades del sitio/especies. Los principios que regulan las relaciones alelopáticas se pueden estudiar de diferentes maneras, una de las cuales es su análisis de laboratorio, simulando efectos alelopáticos primarios (interacciones directas entre especies), que es una de las herramientas para analizar problemas ecológicos. Ello se realiza mediante el análisis de las respuestas obtenidas al asociar diferentes especies en cultivo hidropónico. El trabajo entrega los resultados obtenidos de las reacciones de siete especies, nativas y exóticas, en medio hidropónico, que se constituyen en indicadores del grado de compatibilidad intra e interespecífica de las especies estudiadas.

Palabras claves: hidroponía, alelopatía, compatibilidad, especies forestales.

* Grupo de organismos que habitan en un hábitat particular y que tienen interacción en una comunidad ecológica (*Dictionary of Science*, Internet, 1998).

INTRODUCCION

En los últimos 10 años se ha verificado una toma de conciencia creciente sobre la conveniencia de diversificar el sector forestal, entendiendo lo anterior como la incorporación de nuevas especies a los cultivos tradicionales (puros), así como también el establecimiento de plantaciones mixtas con dos o más especies, y según diferentes diseños espaciales. Elementos de socioeconomía, política y medio ambiente lo justifican plenamente (Loewe *et al.* 1999, 2000).

En el caso de las plantaciones mixtas, resulta que no existen criterios claros a la hora de diversificar, como, por ejemplo, definir cuál sería una diversidad sostenible en términos ecológicos y productivos (número de especies a asociar), es decir, que originara sistemas estables y a la vez productivos.

Parte de las razones de inestabilidad de los sistemas puede encontrarse en el denominado agotamiento de los suelos o "soil sickness", que corresponde a una condición de progresiva inhospitalidad del suelo para el nuevo ciclo del mismo cultivo. La disminución de productividad que ocurre en los segundos ciclos generalmente se expresa cuando se emplean las mismas especies, y afecta en menor grado a otras especies, especialmente si éstas no son cercanas botánicamente (Zucconi 1993). Para explicar esta situación se han dado muchas razones, desde enfermedades de las raíces (patógenos o nemátodos) hasta deficiencias de nutrientes o toxinas.

Sin embargo, el conocimiento sobre la ecología de la humificación y su dependencia de la presencia de elementos biooxidantes, y de una variada microflora para el ataque conjunto a las diferentes fracciones del sustrato, tiene mucho que aportar en este sentido. Esto porque determinados grupos de microorganismos pueden alcanzar gran eficiencia en la formación de biomasa y de residuos, los que permanecen inestables y expuestos a posteriores descomposiciones; su evolución metabólica entonces involucra una sucesión de ciclos heterotróficos específicos, donde organismos diferentes son responsables del ataque a algunos componentes, y ninguno de ellos es capaz de hacer un uso completo del sustrato (Neri 1999**).

En contraste a ello, la humificación involucra una digestión conjunta de un sustrato por medio

de microorganismos diversificados que interactúan en el uso de diferentes componentes o fracciones, catabolitos y residuos. El resultado es un uso completo del sustrato, que da lugar a la polimerización de los residuos, muchas veces tóxicos.

A pesar de que los mecanismos de polimerización no son conocidos, existe una relación directa de ésta con el cenotrofismo microbiano, de modo que la humificación tiende a decrecer cuando la complejidad y variedad de la microflora disminuye (Zucconi 1993). El prerrequisito de la flora cenotrófica es la presencia de un sustrato orgánico mixto (que depende de la poligenicidad).

Sin embargo, los usos agrícolas dados al suelo alteran la naturaleza del sustrato orgánico, y reducen la riqueza de la microflora del suelo. De ello deriva la acumulación de residuos "monogénicos" (de una sola procedencia), los que disminuyen el cenotrofismo, la humificación y alteran la rizósfera, disminuyendo la capacidad de adsorción de las raíces.

La coexistencia de plantas de una misma especie en los cultivos se contraponen al requerimiento de biodiversidad y a la necesidad de formar parte de un grupo de especies diversificado. Esto es relevante considerando el rol del equilibrio fitocenótico en la estabilidad del bioma, y viceversa, el impacto del cultivo en tal equilibrio.

La alta productividad alcanzada por algunos cultivos agrícolas también está determinada por la adaptación de los individuos a vivir en poblaciones monoespecíficas. Esta adaptación de las plantas a una socialización es el resultado de la selección impuesta por los cultivos y los cambios del suelo originados por monocultivos persistentes.

Entonces se está ante un equilibrio biológico natural que no es químico y, al menos por ahora, la mejor manera de conservarlo o recrearlo es a través de los equilibrios biológicos naturales, como una forma de potenciar la sostenibilidad productiva.

Lo anterior explicaría los casos exitosos de plantaciones mixtas, y se constituye en un desafío para la mantención y recreación de la diversidad, no por razones meramente productivas, sino que también éticas, ambientales y sociales.

Para orientarse hacia una mayor sostenibilidad de los procesos productivos se hace necesaria entonces una investigación específica sobre fitodiversidad, sobre asociaciones alelopáticas y formas de maximización de las interacciones en la cenosis.

** David Neri, Dipartimento di Ebergetica, Università degli Studi di Ancona, Italia.

Los principios que regulan las relaciones alelopáticas se pueden estudiar de diferentes maneras, una de las cuales es su análisis de laboratorio, simulando efectos alelopáticos primarios (interacciones directas entre especies), que es una de las herramientas para analizar problemas ecológicos desarrollada por la Universidad de Ancona, Italia. Ello se realiza mediante el análisis de las respuestas obtenidas al asociar diferentes especies en cultivo hidropónico.

El cultivo hidropónico de especies forestales ha sido probado por varios autores, con diferentes objetivos y resultados (Rietveld y Tinus 1990, Nylund *et al.* 1994, Argillier *et al.* 1997, Donoso *et al.* sf). En la mayoría de los casos las plántulas de especies forestales de varios géneros pueden desarrollarse en forma apropiada, y en ciertos casos con ganancias significativas de crecimiento en altura respecto al cultivo en platabanda, lográndose un ahorro en el tiempo de producción, costos comparables y poca complejidad en su implementación (Veloza *et al.* 2001).

MATERIAL Y METODOS

Se consideraron en el estudio las especies aramo australiano (*Acacia melanoxylon*), aramo azul (*Acacia saligna*), tres eucaliptos (*Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus sideroxylon*), pino insigne (*Pinus radiata*) y algarrobo (*Prosopis chilensis*), probándose la combinación de cada una de ellas con las demás (figura 1) y consigo misma (figuras 2) (5 repeticiones en cada caso).

En una primera fase se adaptaron al cultivo hidropónico los 195 ejemplares en estudio, todos producidos en tubete con un sustrato de 50% tierra de hoja y 50% de tierra agrícola, los que al momento del inicio del estudio presentaban una altura media de 50 cm. La escasa bibliografía existente indica que esta es una fase delicada para muchas especies arbóreas (Thews *et al.* 1997).

La figura 3 muestra ejemplares de aramo australiano en fase de adaptación al medio líquido, instalados en forma individual.

Las plantas fueron podadas a 10 cm en su parte aérea (epígea) y dejando en 8 cm el sistema radicular, con el objetivo de uniformar las características iniciales de los individuos.



Figura 1. Asociación de pino radiata con aramo australiano.

Association of radiata pine and blackwood.

Posteriormente se realizó un lavado acuoso, eliminando los residuos del sustrato, y se instaló cada planta en un frasco de vidrio transparente con solución Hoagland (5 ml en 1.000 ml de agua). Las plantas se sujetaron a la boca del frasco con un trozo de plumavit.

La solución fue cambiada día por medio para efectos de oxigenación y sanidad, durante todo el período que comprendió el estudio. Después de 65 días de instalados los individuos en medio hidropónico, se consideró que los individuos se encontraban adaptados al nuevo medio, debido a que la mayoría había empezado la emisión de brotes vegetativos (hojas y raíces), por lo que se procedió a instalar las combinaciones de los individuos de las especies estudiadas. No se efectuó control de salinidad.

El estudio se inició el 19 de diciembre de 1995, instalándose las combinaciones de dos individuos

el 26 de febrero de 1996, las que se midieron durante dos meses, dándose por terminado el experimento el 26 de abril de 1996.

A la semana de instaladas las plantas en forma individual aparecieron las primeras yemas foliares en las especies *Acacia melanoxylon*, *Acacia saligna* y *Prosopis chilensis*; los tres eucaliptos en estudio demoraron 16 días en emitir las primeras yemas. Antes de completar el mes de experimentación se secaron todos los pinos, que no soportaron la poda aérea; éstos fueron reemplazados por plantas más pequeñas (10 cm de altura), a las cuales sólo se les practicó poda de raíces a 8 cm. Lo mismo ocurrió con *Eucalyptus globulus*, procediéndose de igual forma.

Cinco semanas más tarde, cuando las plantas mostraron signos de adaptación al nuevo medio de cultivo, se instalaron las combinaciones mencionadas (cada especie consigo misma, y con cada una de las restantes). Las mediciones consideraron las variables número y largo de raíces; número y largo de brotes (5 principales en ambos casos), diámetro a la altura del cuello y altura, y se realizaron en dos oportunidades.



Figura 2. Asociación de eucalipto globulus consigo mismo.
Association of *Eucalyptus globulus* with itself.



Figura 3. Ejemplares de arromo australiano en fase de adaptación al medio hidropónico, ya podados.
Pruned individuals of blackwood in the period of adaptation to hydroponic conditions.

Para realizar los análisis estadísticos correspondientes se aplicó el procedimiento general de comparación múltiple de medias de tratamiento, con el objetivo de determinar cuáles medias presentan diferencias significativas con respecto a las demás. Este procedimiento implica estimar la diferencia existente entre cada par de medias para cada nivel de tratamiento. El método que comúnmente es usado para discriminar entre las medias de tratamiento es el “Procedimiento de mínimas diferencias significativas de Fisher”, o más bien conocido como LSD. Las variables utilizadas en los análisis estadísticos fueron los incrementos registrados de cada una de las variables en las dos etapas (o diferencias de crecimiento registrado).

del crecimiento de raíces (DifCR) se observan diferencias significativas entre las asociaciones de *Acacia melanoxylon* y *Pinus radiata* (presentando la media más alta) y entre las asociaciones de *Acacia melanoxylon* con *Prosopis chilensis* y *Eucalyptus globulus*. A su vez, para la variable incremento del largo de brotes (DifLB), también se observan diferencias significativas entre las asociaciones de la misma especie y con otras especies, registrándose el valor más alto en la asociación de *Acacia melanoxylon* con *Eucalyptus globulus*. En general, para armo australiano las asociaciones con otras especies presentaron valores más altos que los observados en la asociación con la misma especie, para las variables DifDac, DifNB y DifLB.

RESULTADOS Y DISCUSION

Con relación a los resultados obtenidos de las mediciones efectuadas por especie, se desprende lo siguiente:

Acacia melanoxylon: Para las variables evaluadas incremento del Dac (DifDac) e incremento del número de brotes (DifNB) (cuadro 1), no se observan diferencias estadísticamente significativas entre las asociaciones probadas con un 95% de confianza; sin embargo, para la variable incremento

Prosopis chilensis: Para las variables evaluadas incremento del número de brotes (DifNB) e incremento del largo de brotes (DifLB) (cuadro 2) no se observan diferencias estadísticamente significativas entre las asociaciones probadas con un 95% de confianza; sin embargo, para la variable incremento del crecimiento de raíces (DifCR) se observan diferencias significativas entre la asociación de *Prosopis chilensis* con *Eucalyptus camaldulensis* y las demás asociaciones. También se observan diferencias significativas para la variable incremento del Dac (DifDac), donde la asociación de

CUADRO 1

Comparación múltiple para las variables Incremento del Dac (DifDac), Incremento del crecimiento de raíces (DifCR), Incremento del número de brotes (DifNB) e Incremento del largo de brotes (DifLB) para las asociaciones de *Acacia melanoxylon* (am).

Multiple comparisons of the variables: increment of the Dac (DifDac), increase of root growth (DifCR), increase of bud number (DifNB) and increase of bud length (DifLB) for associations of *Acacia melanoxylon* (am).

Asociaciones	N	DifDac		Asociaciones	DifCR		Asociaciones	DifNB		Asociaciones	DifLB	
		Medias (cm)	Grupos homogéneos		Medias (cm)	Grupos homogéneos		Medias (cm)	Grupos homogéneos		Medias (cm)	Grupos homogéneos
am-am	5	0,0	A	am-pch	1,08	A	am-am	-0,2	A	am-am	0,115	A
am-es	5	0,02	A	am-eg	1,7	A	am-eg	-0,2	A	am-es	0,219	AB
am-pch	5	0,02	A	am-es	3,9	AB	am-es	0,0	A	am-pch	0,222	AB
am-eg	5	0,04	A	am-am	6,8	AB	am-pr	0,0	A	am-pr	0,278	AB
am-pr	5	0,2	A	am-pr	12,8	B	am-pch	0,4	A	am-eg	0,577	B

am = *Acacia melanoxylon*; es = *Eucalyptus sideroxylon*; pch = *Prosopis chilensis*; eg = *Eucalyptus globulus*; pr = *Pinus radiata*.

Prosopis chilensis con *Acacia melanoxylon* presenta la mayor media respecto a las demás. En general, para algarrobo las asociaciones con otras especies presentaron valores más altos que los observados en la asociación con sí misma para las variables DifDac y DifNB.

Eucalyptus sideroxylon: Para la variable incremento del largo de brotes (DifLB) (cuadro 3) no se observan diferencias estadísticamente significativas entre las asociaciones probadas con un 95% de confianza. Sin embargo, para la variable incremento del crecimiento de raíces (DifCR) se observan diferencias estadísticamente significativas,

principalmente entre la asociación de *Eucalyptus sideroxylon* con *Pinus radiata* (presentando la media más alta) respecto a las otras asociaciones; para la variable incremento del número de brotes (DifNB) también se observan diferencias significativas entre las asociaciones mixtas de diferentes especies respecto a la asociación de *Eucalyptus sideroxylon* consigo mismo. En general, para esta especie las asociaciones con otras especies presentaron valores más altos que los observados en la asociación con la misma especie, para las tres variables consideradas DifDac, DifCR y DifNB, a excepción del incremento en el largo de brotes (DifLB).

CUADRO 2

Comparación múltiple para las variables Incremento del Dac (DifDac), Incremento del crecimiento de raíces (DifCR), Incremento del número de brotes (DifNB) e Incremento del largo de brotes (DifLB) para las asociaciones de *Prosopis chilensis* (pch).

Multiple comparisons of the variables: increment of the Dac (DifDac), increase of root growth (DifCR), increase of bud number (DifNB) and increase of bud length (DifLB) for associations of *Prosopis chilensis* (pch).

Asociaciones	N	DifDac		Asociaciones	DifCR		Asociaciones	DifNB		Asociaciones	DifLB	
		Medias (cm)	Grupos homogéneos		Medias (cm)	Grupos homogéneos		Medias (cm)	Grupos homogéneos		Medias (cm)	Grupos homogéneos
pch-pch	5	0,0	A	pch-eg	1,9	A	pch-pch	-0,4	A	pch-pch	0,305	A
pch-eg	5	0,0	A	pch-pch	3,4	AB	pch-ec	-0,4	A	pch-am	0,320	A
pch-ec	5	0,0	A	pch-am	5,8	AB	pch-eg	0,0	A	pch-ec	0,589	A
pch-am	5	0,06	B	pch-ec	9,16	B	pch-am	0,0	A	pch-eg	0,735	A

am = *Acacia melanoxylon*; ec = *Eucalyptus camaldulensis*; pch = *Prosopis chilensis*; eg = *Eucalyptus globulus*.

CUADRO 3

Comparación múltiple para las variables Incremento del Dac (DifDac), Incremento del crecimiento de raíces (DifCR), Incremento del número de brotes (DifNB) e Incremento del largo de brotes (DifLB) para las asociaciones de *Eucalyptus sideroxylon* (es).

Multiple comparisons of the variables: increment of the Dac (DifDac), increase of root growth (DifCR), increase of bud number (DifNB) and increase of bud length (DifLB) for associations of *Eucalyptus sideroxylon* (es).

Asociaciones	N	DifDac		Asociaciones	DifCR		Asociaciones	DifNB		Asociaciones	DifLB	
		Medias (cm)	Grupos homogéneos		Medias (cm)	Grupos homogéneos		Medias (cm)	Grupos homogéneos		Medias (cm)	Grupos homogéneos
es-es	5	0,0	*	es-es	-0,7	A	es-es	-3,4	A	es-am	0,534	A
es-am	5	0,0	*	es-am	0,6	AB	es-pr	-1,2	B	es-pr	0,998	A
es-pr	5	0,0	*	es-pr	9,2	B	es-am	-0,8	B	es-es	1,820	A

*: dado que los valores son iguales no se pueden calcular las diferencias estadísticamente significativas.
am = *Acacia melanoxylon*; es = *Eucalyptus sideroxylon*; pr = *Pinus radiata*.

Eucalyptus globulus: Para las variables evaluadas incremento del crecimiento de raíces (DifCR) e incremento del número de brotes (DifNB) (cuadro 4) no se observan diferencias estadísticamente significativas entre las asociaciones probadas con un 95% de confianza; sin embargo, para la variable incremento del Dac (DifDac) se observan diferencias significativas entre las asociaciones de *Eucalyptus globulus* con *Acacia melanoxylon* (presentando la media más alta) y las demás asociaciones. En general, las asociaciones con especies terceras presentaron valores más altos que los observados en la asociación con la misma especie para las variables DifDac y DifCR.

Pinus radiata: Ninguna de las variables evaluadas (DifDac, DifCR, DifNB y DifLB) presenta diferencias estadísticamente significativas entre las asociaciones de *Pinus radiata* probadas con un 95% de confianza (cuadro 5). En general, para esta especie las asociaciones con otras especies presentaron valores más altos que los observados en la asociación con la misma especie, para las variables DifCR y DifNB. Con relación a esta asociación intraespecífica (consigo misma), no se evidenciaron resultados positivos, ya que después

de tres semanas de cultivo el 40% de las combinaciones había muerto.

Eucalyptus camaldulensis: Para la variable evaluada incremento del crecimiento de raíces (DifCR) se observan diferencias estadísticamente significativas entre las asociaciones probadas con un 95% de confianza, principalmente entre las asociaciones de *Eucalyptus camaldulensis* con *Prosopis chilensis* (presentando la media más alta) respecto a las otras asociaciones. Por su parte, para las variables incremento del número de brotes (DifNB) e incremento del largo de brotes (DifLB) no se observaron diferencias significativas entre las asociaciones evaluadas.

Acacia saligna: Esta especie se asoció solamente a *P. radiata* y *E. camaldulensis*. Como se observa en el cuadro 7, ninguna de las variables evaluadas (DifCR, DifNB y DifLB) presenta diferencias estadísticamente significativas con un 95% de confianza entre las asociaciones de *Acacia saligna* probadas. Sin embargo, los valores más altos para las variables evaluadas se lograron en la asociación de *Acacia saligna* con *Pinus radiata*.

CUADRO 4

Comparación múltiple para las variables Incremento del Dac (DifDac), Incremento del crecimiento de raíces (DifCR), Incremento del número de brotes (DifNB) e Incremento del largo de brotes (DifLB) para las asociaciones de *Eucalyptus globulus* (eg).

Multiple comparisons of the variables: increment of the Dac (DifDac), increase of root growth (DifCR), increase of bud number (DifNB) and increase of bud length (DifLB) for associations of *Eucalyptus globulus* (eg).

Asociaciones	N	DifDac		Asociaciones	DifCR		Asociaciones	DifNB		Asociaciones	DifLB	
		Medias (cm)	Grupos homogéneos		Medias (cm)	Grupos homogéneos		Medias (cm)	Grupos homogéneos		Medias (cm)	Grupos homogéneos
eg-pr	5	-0,04	A	eg-eg	2,7	A	eg-pch	-0,6	A	eg-pch	0,0	*
eg-eg	5	0,0	AB	eg-am	4,7	A	eg-am	0,0	A	eg-am	0,0	*
eg-pch	5	0,0	AB	eg-pch	7,06	A	eg-eg	0,2	A	eg-eg	0,0	*
eg-am	5	0,04	B	eg-pr	7,9	A	eg-pr	0,6	A	eg-pr	0,0	*

*: dado que los valores son iguales no se pueden calcular las diferencias estadísticamente significativas.
am = *Acacia melanoxylon*; pch = *Prosopis chilensis*; eg = *Eucalyptus globulus*; pr = *Pinus radiata*.

CUADRO 5

Comparación múltiple para las variables Incremento del Dac (DifDac), Incremento del crecimiento de raíces (DifCR), Incremento del número de brotes (DifNB) e Incremento del largo de brotes (DifLB) para las asociaciones de *Pinus radiata* (pr).

Multiple comparisons of the variables: increment of the Dac (DifDac), increase of root growth (DifCR), increase of bud number (DifNB) and increase of bud length (DifLB) for associations of *Pinus radiata* (pr).

Asociaciones	N	DifDac		Asociaciones	DifCR		Asociaciones	DifNB		Asociaciones	DifLB	
		Medias (cm)	Grupos homogéneos		Medias (cm)	Grupos homogéneos		Medias (cm)	Grupos homogéneos		Medias (cm)	Grupos homogéneos
pr-es	5	0,0	A	pr-pr	-0,4	A	pr-pr	-1,2	A	pr-ec	0,116	A
pr-ec	5	0,0	A	pr-as	0,0	A	pr-ec	-0,8	A	pr-am	0,125	A
pr-as	5	0,0	A	pr-am	0,5	A	pr-as	-0,8	A	pr-eg	0,308	A
pr-am	5	0,04	A	pr-ec	0,9	A	pr-eg	0,4	A	pr-pr	0,311	A
pr-pr	5	0,06	A	pr-es	1,3	A	pr-es	0,8	A	pr-es	0,321	A
pr-eg	5	0,08	A	pr-eg	3,7	A	pr-am	0,8	A	pr-as	0,494	A

am = *Acacia melanoxylon*; as = *Acacia saligna*; es = *Eucalyptus sideroxylon*; ec = *Eucalyptus camaldulensis*; pch = *Prosopis chilensis*; eg = *Eucalyptus globulus*; pr = *Pinus radiata*.

CUADRO 6

Comparación múltiple para las variables Incremento del Dac (DifDac), Incremento del crecimiento de raíces (DifCR), Incremento del número de brotes (DifNB) e Incremento del largo de brotes (DifLB) para las asociaciones de *Eucalyptus camaldulensis* (ec).

Multiple comparisons of the variables: increment of the Dac (DifDac), increase of root growth (DifCR), increase of bud number (DifNB) and increase of bud length (DifLB) for associations of *Eucalyptus camaldulensis* (ec).

Asociaciones	N	DifDac		Asociaciones	DifCR		Asociaciones	DifNB		Asociaciones	DifLB	
		Medias (cm)	Grupos homogéneos		Medias (cm)	Grupos homogéneos		Medias (cm)	Grupos homogéneos		Medias (cm)	Grupos homogéneos
ec-as	5	0,0	*	ec-as	4,98	A	ec-pr	-1,0	A	ec-as	1,843	A
ec-ec	5	0,0	*	ec-ec	6,6	A	ec-pch	-1,0	A	ec-ec	1,887	A
ec-pr	5	0,0	*	ec-pr	9,3	AB	ec-ec	-0,8	A	ec-pch	1,895	A
ec-pch	5	0,0	*	ec-pch	12,8	B	ec-as	0,2	A	ec-pr	2,510	A

*: dado que los valores son iguales no se pueden calcular las diferencias estadísticamente significativas.

as = *Acacia saligna*; ec = *Eucalyptus camaldulensis*; pch = *Prosopis chilensis*; pr = *Pinus radiata*.

CUADRO 7

Comparación múltiple para las variables Incremento del Dac (DifDac), Incremento del crecimiento de raíces (DifCR), Incremento del número de brotes (DifNB) e Incremento del largo de brotes (DifLB) para las asociaciones de *Acacia saligna* (as).

Multiple comparisons of the variables: increment of the Dac (DifDac), increase of root growth (DifCR), increase of bud number (DifNB) and increase of bud length (DifLB) for associations of *Acacia saligna* (as).

Asociaciones	N	DifDac		Asociaciones	DifCR		Asociaciones	DifNB		Asociaciones	DifLB	
		Medias (cm)	Grupos homogéneos		Medias (cm)	Grupos homogéneos		Medias (cm)	Grupos homogéneos		Medias (cm)	Grupos homogéneos
as-ec	5	0,0	*	as-ec	1,68	A	as-ec	-0,6	A	as-ec	0,87	A
as-pr	5	0,0	*	as-pr	1,70	A	as-pr	-0,6	A	as-pr	1,20	A

*: dado que los valores son iguales no se pueden calcular las diferencias estadísticamente significativas.
as = *Acacia saligna*; ec = *Eucalyptus camaldulensis*; pr = *Pinus radiata*.

CONCLUSIONES

Los antecedentes recopilados en este estudio, de carácter preliminar, revelan que, para una especie, no existe una sola asociación que concentre comportamientos positivos para todos o la mayoría de los parámetros, sino que diferentes parámetros demostraron comportamientos variables entre las asociaciones probadas. Sin embargo, la mayoría de las variables evaluadas presentaron los valores más altos cuando una especie se encontraba asociada a otra distinta.

Aromo australiano presentó parámetros atractivos en asociación con dos eucaliptos (*E. sideroxylon* y *E. globulus*), y resultados desfavorables en la situación pura (asociada a sí misma). Antecedentes de cultivo en terreno concuerdan con esta información (Loewe *et al.* 2002).

Algarrobo chileno presentó resultados poco concluyentes. Eucalipto globulus presentó los mejores resultados en asociación junto a aramo australiano y pino radiata.

Eucalipto sideroxylon presentó mejores crecimientos junto a aramo australiano y a pino radiata, y se mostró altamente sensible a sus propios residuos, lo que indicaría la conveniencia de plantarlo con fines productivos en forma mixta.

Pino radiata mostró buenos resultados con todas las especies probadas, lo que concuerda con su elevada plasticidad y capacidad de adaptación. No obstante lo anterior, se mostró muy sensible a

la asociación consigo misma, situación en que se verificó una elevada y rápida mortalidad. Esta observación contrasta con lo observado en las plantaciones puras de la especie, pero constituye un indicador de interés que sugiere probarlo en asociaciones mixtas, de las cuales existen algunos ejemplos de excelentes resultados en el sur de Chile (X Región).

Eucalipto camaldulensis presentó un comportamiento interesante asociado con pino, y destacó su potencial de crecimiento en medio hidropónico.

Finalmente, *Acacia saligna* mostró una asociación positiva tanto con pino radiata como con eucalipto camaldulensis, ambas situaciones que también han sido observadas en plantaciones.

Los antecedentes recopilados permiten concluir que este tipo de análisis resulta interesante como una llave que ayude a abrir conocimientos científicos básicos aplicables en las actividades productivas, que faciliten su entendimiento y, por lo tanto, su planificación en forma racional.

BIBLIOGRAFIA

- ARGILLIER, C., G. FALCONNET, D. MOUSAIN, J.M. GUEHL. 1997. "El cultivo hidropónico de plantas forestales mediterráneas. Ejemplo el cedro", XI Congreso Forestal Mundial. Vol. 3, Tema 12: 1-2.
- DONOSO, C.S., Z.M. SANCHEZ, E. ALCANTARA E. sf. Toxicidad por molibdeno en *E. globulus*. The IUFRO homepage. [citado 11 junio 2003]. Disponible en: <http://iufro.boku.ac.at/iufro/iufro.net/d6/wu60304/ponencias/tema1/donosos2.html>.

- LOEWE, V., M. GONZALEZ, C. DELARD, G. PINEDA, M. SUBIRI. 1999. *Plantaciones mixtas: diversidad, productividad y sustentabilidad para el desarrollo forestal*. Santiago, Chile, CONAF. 8 p. Chile Forestal. Documento Técnico N° 131.
- LOEWE, V., M. GONZALEZ, M. SUBIRI, E. URQUIETA, C. LOPEZ, J. CABRERA. 2000. "Nuove opportunità per l'arboricoltura da legno nel centro sud del Cile". *Monti e Boschi* (51):23.
- LOEWE, V., H. SIEBERT, M. GONZALEZ. 2002. "Il settore forestale in Cile, situazione attuale e problematiche connesse", *Sherwood* 74: 41-46.
- NYLUND, J., H.WALLANDER, B. SUNDBERG, G. GAY. 1994. "IAA overproducer mutants of *Hebeloma cylindrosporum* Romagnesi mycorrhizal with *Pinus pinaster* and *P. sylvestris* in hydroponic culture". *Mycorrhiza* 4(6) 247-250.
- RIETVELD, W.J., R.W. TINUS. 1990. *An integrated technique for evaluating root growth potential of tree seedlings*. USDA Research Note RM-497. 11 p.
- THEWS, C., G. FERNANDEZ, T. ARGÜELLES. 1997. "Cultivos hidropónicos de *Araucaria angustifolia*", *Yvyrareta* 8: 34-38.
- VELOZO, S.J., Q.M.P. FERNANDEZ, P.M. TOLEDO. 2001. "Aplicación del cultivo hidropónico en la producción de plantas en vivero de *Eucalyptus globulus* y *E. nitens*". En: *Actas Simposio Internacional IUFRO. Desarrollando el eucalipto del futuro*. Valdivia, Chile. IUFRO. 184 p. 1 CD.
- ZUCCONI, F. 1993. "Allelopathies and biological degradation of soils: an introduction to the problem of soil sickness and other soil-born diseases", *Acta Horticulturae* 324: 11-22.