

Efectos alelopáticos producidos por la especie *Pinus radiata* D. Don durante el proceso de descomposición en cuatro suelos naturales en Galicia

L. GONZÁLEZ, X.C. SOUTO & M.J. REIGOSA

*Departamento de Recursos Naturais e Medio Ambiente
Facultade de Ciencias de Vigo. Universidade de Vigo
Apdo. 874. 36200 Vigo*

Resumen

GONZÁLEZ, L., SOUTO, X.C. & REIGOSA, M.J. (1992). Efectos alelopáticos producidos por la especie *Pinus radiata* D. Don durante el proceso de descomposición en cuatro suelos naturales en Galicia. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 3: 93-100

Se estudia la evolución de la fitotoxicidad de material procedente de *P. radiata* D. Don, durante el proceso de descomposición en cuatro parcelas diferentes (siendo las especies arbóreas dominantes *Quercus robur* L., 1753, *Acacia melanoxylon* R. Br., 1813, *Pinus radiata* D. Don, 1836 y *Eucalyptus globulus* Labill., 1800). La toxicidad de los extractos es medida por los efectos provocados sobre la germinación y el crecimiento de granos de *Lactuca sativa* L. var. Great Lakes. Se discute la influencia de las diferentes condiciones microbiológicas, propias de cada suelo, sobre la liberación de fitotoxinas.

Palabras clave: Alelopatía, descomposición de residuos, *Pinus radiata*, *Acacia melanoxylon*, *Quercus robur*, *Eucalyptus globulus*, Galicia, Spain.

Abstract

GONZÁLEZ, L., SOUTO, X.C. & REIGOSA, M.J. (1992). Allelopathic effects from *Pinus radiata* during its decomposition in four natural soils from Galicia (Spain). *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 3: 93-100

The evolution of phytotoxicity of material from *P. radiata* D. Don during its decomposition in four different lots (being *Q. robur*, *E. globulus*, *A. melanoxylon* and *P. radiata* the main arboreal species) was studied. Extracts' toxicity was measured in basis of their effects on germination and growth of *Lactuca sativa* grains. The toxicity of different leachates is shown, and the influences of the different microbiological conditions, which are characteristic for each soil, on the release of phytotoxins, are discussed.

Key words: Allelopathy, residues decomposition, *Pinus radiata*, *Acacia melanoxylon*, *Quercus robur*, *Eucalyptus globulus*, Galicia, Spain.

INTRODUCCION

Diversos estudios (BASANTA *et al.*, 1989; RIGUEIRO & SILVA-PANDO, 1983) revelan diferencias importantes en cuanto a la estructura y a la diversidad en el sotobosque de las comunidades arbóreas que se estudian en este trabajo. Los mecanismos ecofisiológicos que controlan la estructura y diversidad del sotobosque son numerosos y resulta difícil separar y particularizar

cada uno de los efectos. Normalmente son responsables un grupo de factores emparentados, que presentan efectos sinérgicos.

Estudios realizados en Galicia (BARA *et al.*, 1985 y DÍAZ-FIERROS *et al.*, 1982) no demuestran una diferencia clara en cuanto a competencia «strictu sensu» por elementos vitales dentro de diferentes formaciones arbóreas en Galicia. Sin embargo, las sustancias liberadas al medio a través de los procesos de descomposición del

material vegetal pueden presentar una alta capacidad tóxica, principalmente si se trata de especies exóticas (RABOTNOV, 1974).

TUKEY (1966) apunta la importancia real de los microorganismos como los responsables de alterar la composición de las sustancias presentes en el suelo, ya que poseen la capacidad de metabolizar los productos que a él llegan liberados por las plantas, activando o desactivando su capacidad tóxica y dando lugar a otros con una acción totalmente diferente a las sustancias originales.

El interés de este trabajo radica en que el material vegetal que se bioensaya se descompone en diferentes parcelas, de modo que indirectamente se evaluará la participación de los microorganismos edáficos en los procesos alelopáticos a través de procesos de inactivación o activación de los compuestos liberados.

MATERIAL Y METODOS

Las parcelas estudiadas se corresponden con un bosque autóctono de robles (*Quercus robur* L.), un cultivo de eucaliptos (*Eucalyptus globulus* Labill.), otro de acacias (*Acacia melanoxylon* R. Br.) y un cultivo de pinos (*Pinus radiata* D. Don) que, en el NW de la Península Ibérica, donde está situada la zona de estudio, funcionan como especies alóctonas.

Las parcelas están situadas dentro de las coordenadas UTM 535.420-4.748.792 y 535.970-7.748.702, y entre los 250 y 290 m.s.m.; distan entre sí 300 m y se encuentran situadas sobre un Ránker del que la roca madre es granito de dos micas. La pendiente oscila entre el 15% y el 17%. La temperatura anual de la zona se sitúa en torno a los 12.1°C de media. La precipitación anual es de 1288 mm, de los que solamente 137 mm se corresponden con los meses de verano (CARBALLEIRA *et al.*, 1983).

El material vegetal se recogió en Diciembre de 1989 y Enero de 1990, retirando del suelo únicamente las partes aéreas recién caídas de forma natural (ATTIWILL *et al.*, 1978). Una vez recogida, la hojarasca fue llevada al laboratorio y homogeneizada, determinándose el peso seco de la misma mediante el secado en estufa a 100°C hasta peso constante de tres alícuotas de

cada muestra; esto nos permitió calcular el peso fresco equivalente a 10 gr. de peso seco, e introducirlos en bolsas de malla de 20 x 20 cm construidas con tela de nylon de un diámetro de malla de 2 mm (BOCOCK, 1964; Mc CAULEY, 1975; GLOAGUEN & TOUFFET, 1980; WOODS & RAISON, 1982; KELMAN & LANGE, 1982). Se rellenaron así 72 bolsas, que fueron enterradas en la capa superior del suelo de las cuatro parcelas, en donde tienen lugar la mayor parte de los procesos de descomposición microbiana, a razón de 18 bolsas por parcela. Se distribuyeron dentro de cada formación arbórea en tres lugares diferentes elegidos al azar, de manera que en cada uno de ellos había 6 bolsas con material vegetal de la especie estudiada.

Una vez enterradas las bolsas de hojarasca, se procedió a su retirada en tiempos de 1, 7, 15, 30, 180 y 365 días, contados a partir del día en que se introdujeron en el suelo. En los diferentes tiempos se tomó una bolsa al azar de cada uno de los 3 puntos en las cuatro parcelas, llevándose posteriormente al laboratorio y realizando inmediatamente su homogeneización y su maceración, para lo cual se situó el material vegetal en descomposición en agua destilada durante 24 horas en oscuridad y a temperatura constante, manteniendo una proporción de 1/1 en peso/volumen (gramos de peso seco/mL). A continuación se prepararon otras dos disoluciones, a partir del extracto inicial, añadiendo agua destilada en cantidad suficiente para obtener una concentración 1:2 y otra 1:10, que se denominarán así en lo sucesivo. Se midieron pH y conductividad y se bioensayaron con *Lactuca sativa* L. var. Great Lakes. En cada ensayo se prepararon 3 placas Petri por tratamiento, en las que se situó un papel Whatman 3MM, sembrando 50 granos de la especie receptora en cada placa. Las placas se regaron con 4 mL de la correspondiente disolución y se situaron en estufa a 28°C y humedad constante. Después de 60 horas en estufa las placas se llevaron a 4°C en cámara fría, al menos 4 horas a fin de detener el crecimiento de las plántulas, tras lo cual se procedió a determinar el porcentaje de germinación y la longitud de las radículas emergidas.

Se estableció como control el efecto producido sobre la germinación y el crecimiento de *L. sativa* por macerados de hojas en descomposi-

ción de *Q. robur* enterradas en su propio bosque (tiempos 1, 7, 15, 30, 180 y 365 días). Se considera esta formación arbórea como etapa climática en la zona de estudio, siéndolo por tanto también su flora edáfica asociada.

Los datos representados en este trabajo para cada tiempo están en función de los valores obtenidos en la experiencia con roble para el robledal, que supone el 100%. Fueron sometidos a análisis de varianza de una, dos y tres vías, así como a test de rangos múltiples de Duncan. Asimismo se investigó, por medio de técnicas de correlación y de regresión lineal múltiple, el efecto del pH sobre la germinación y el crecimiento de radículas, a fin de descartar a éste como causante de las inhibiciones encontradas. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SPSS/PC+.

RESULTADOS Y DISCUSION

Por medio de la técnica de regresión múltiple (Tabla I) puede descartarse que los efectos

alelopáticos encontrados se deban al pH de los extractos, a pesar de la existencia de correlaciones positivas (Tabla II) estadísticamente significativas entre el pH y los dos parámetros biológicos estudiados, ya que la entrada de la variable conductividad (que posee una elevada correlación positiva con el pH) en la ecuación explicativa de los valores de germinación y de crecimiento de radículas impide la entrada posterior del pH. En todo caso, las ecuaciones de regresión poseen un bajo valor explicativo, indicando que será más la cualidad que la cantidad de las sustancias disueltas la que producirá los efectos alelopáticos que se discuten a continuación.

La figura 1 nos muestra para el conjunto de las tres concentraciones estudiadas el efecto que la evolución de los lavados acuosos produce sobre la germinación de los granos de *Lactuca sativa*. En las primeras etapas del estudio no se observan diferencias significativas entre el control y los lavados de acículas de pino descompuestas en las diferentes parcelas. Después de 30 días de descomposición las acículas enterradas en el cultivo de acacias presentan diferencias signifi-

TABLA I. Análisis de regresión múltiple. Las variables analizadas, son: crecimiento, germinación, pH y conductividad. La variable pH no aparece en ninguna de las dos ecuaciones por tener en ambos casos un valor no significativo (nivel del 5%)

VARIABLE DEPENDIENTE: Crecimiento medio de las radículas de <i>L. sativa</i>					
ANALISIS DE VARIANZA					
	g.l.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Sig. F
REGRESION	1	2844,0533	2844,05328	30,7930	0,00
RESIDUAL	80	7388,8316	92,36040		
ECUACION DE REGRESION: Crecimiento=24,57611 - 0,01076 x Conductividad					
VARIABLE DEPENDIENTE: Germinación media de los granos de <i>L. sativa</i>					
ANALISIS DE VARIANZA					
	g.l.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Sig. F
REGRESION	1	5694,6400	5694,64000	31,2970	0,00
RESIDUAL	80	14556,403	181,95504		
ECUACION DE REGRESION: Germinación=44,75928 - 0,01523 x Conductividad					

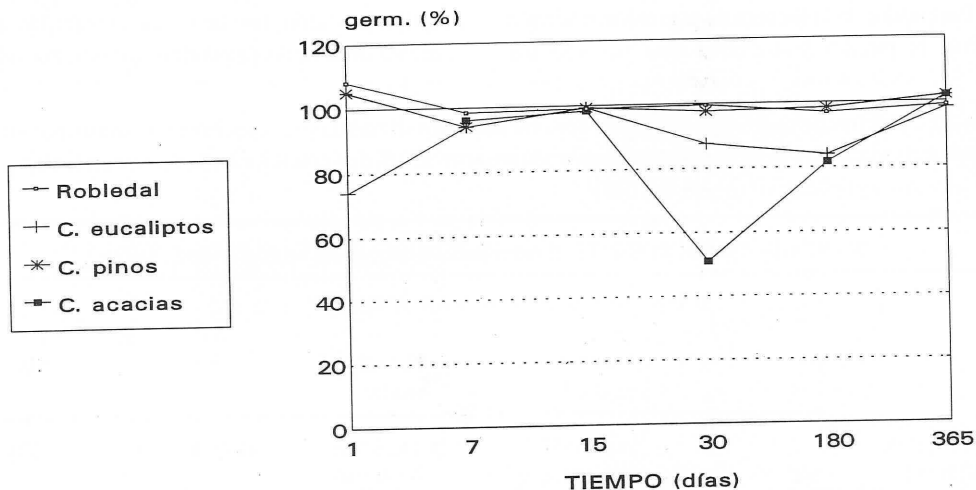
TABLA II. Correlaciones entre los parámetros crecimiento, germinación, pH y conductividad. Un asterisco (*) indica diferencias significativas al nivel del 1%, y dos asteriscos (**) indican diferencias significativas al nivel del 1 por mil

CORRELACIONES	Crecimiento	Germinación	pH	Conductividad
Crecimiento	1,000			
Germinación	,6618**	1,000		
pH	,2871*	,3177*	1,000	
Conductividad	-,5272**	-,5303**	-,2885*	1,000

cativas con el control reduciéndose la germinación a la mitad. A los 180 días es el material enterrado en el cultivo de acacias y en el de eucaliptos el que presenta diferencias significativas con respecto al control. A los 365 días de haberse iniciado la descomposición ninguna de

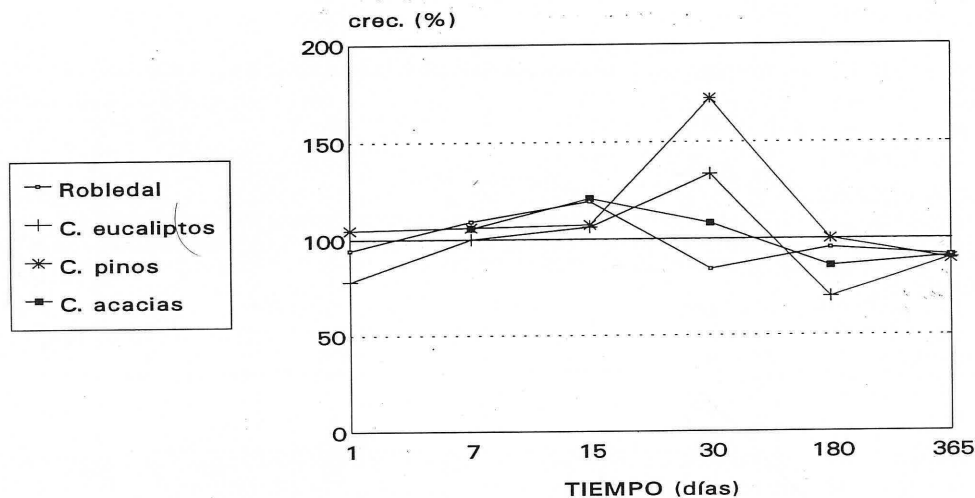
las cuatro soluciones problema presenta diferencias con respecto al control.

Si analizamos los datos obtenidos a partir de la medida de la radícula de *L. sativa* (Fig. 2) observamos una etapa intermedia en el periodo de descomposición estudiado, en donde deter-



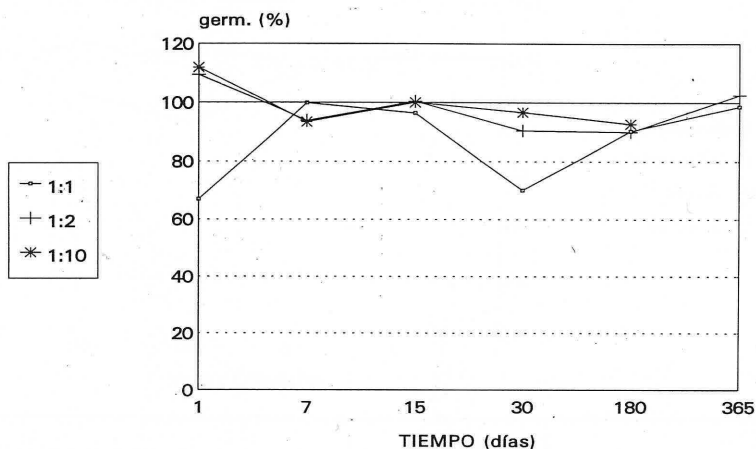
Robledal						
C. Eucaliptos					*	
C. Pinos						
C. Acacias				*	*	

Fig. 1. Evolución de la fitotoxicidad, producida por los residuos de *P. radiata* en descomposición en cuatro suelos diferentes, medida como inhibición de la germinación de granos de *L. sativa*. Los valores aparecen en porcentaje respecto al control (residuos de *Q. robur* descomponiéndose en su propio bosque y que representan el 100%). Los asteriscos (*) de la tabla inferior indican diferencias significativas al nivel del 5% ($p < 0,05$) con respecto al control para cada tiempo.



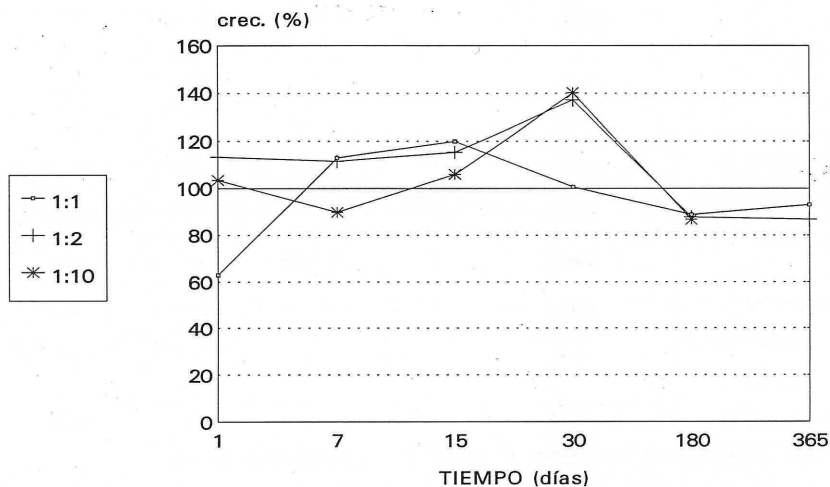
Robledal			*			
C. Eucaliptos					*	
C. Pinos				*		
C. Acacias			*		*	

Fig.2. Evolución de la fitotoxicidad, producida por los residuos de *P. radiata* en descomposición en cuatro suelos diferentes, medida como inhibición del **crecimiento** de las radículas de *L. sativa*. Los valores aparecen en porcentaje respecto al control (residuos de *Q. robur* descomponiéndose en su propio bosque y que representan el 100%). Los asteriscos (*) de la tabla inferior indican diferencias significativas al nivel del 5% ($p < 0,05$) con respecto al control para cada tiempo.



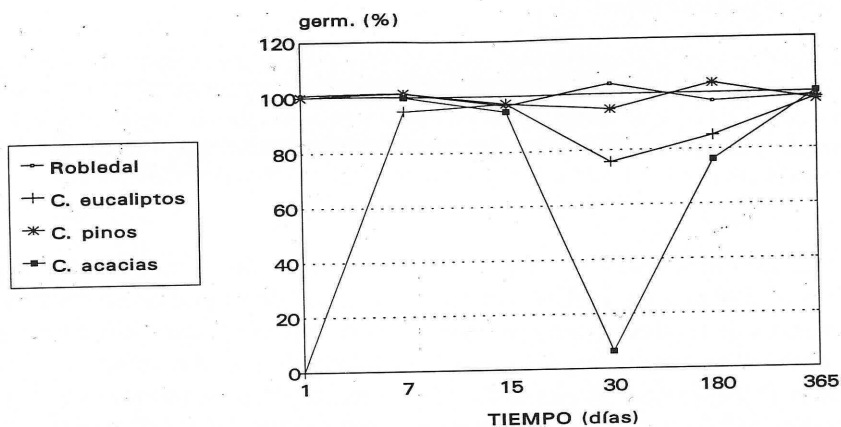
Dilución 1:1	*		*	*	*	
Dilución 1:2					*	
Dilución 1:10						

Fig.3. Evolución de la fitotoxicidad, en función de la concentración de los extractos ensayados, medida como inhibición de la **germinación** de los granos de *L. sativa*. Los valores aparecen en porcentaje respecto al control (residuos de *Q. robur* descomponiéndose en su propio bosque y que representan el 100%). Los asteriscos (*) de la tabla inferior indican diferencias significativas al nivel del 5% ($p < 0,05$) con respecto al control para cada tiempo.



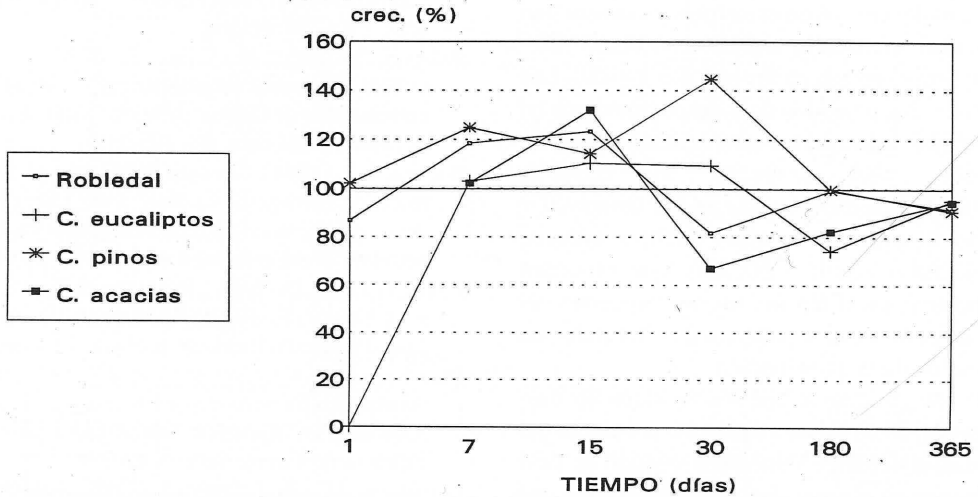
Dilución 1:1	*		*			*
Dilución 1:2			*			*
Dilución 1:10						

Fig. 4. Evolución de la fitotoxicidad, en función de la concentración de los extractos ensayados, medida como inhibición del **crecimiento** de las radículas de *L. sativa*. Los valores aparecen en porcentaje respecto al control (residuos de *Q. robur* descomponiéndose en su propio bosque y que representan el 100%). Los asteriscos (*) de la tabla inferior indican diferencias significativas al nivel del 5% ($p < 0,05$) con respecto al control para cada tiempo.



Robledal						
C. Eucaliptos	*			*	*	
C. Pinos						
C. Acacias			*	*	*	

Fig. 5. Evolución de la fitotoxicidad, producida por los residuos de *P. radiata* en descomposición en cuatro suelos diferentes, bioensayando la dilución más concentrada (dilución 1:1), medida como inhibición de la **germinación** de los granos de *L. sativa*. Los valores aparecen en porcentaje respecto al control (residuos de *Q. robur* descomponiéndose en su propio bosque y que representan el 100%). Los asteriscos (*) de la tabla inferior indican diferencias significativas al nivel del 5% ($p < 0,05$) con respecto al control para cada tiempo.



Robledal		*	*			
C. Eucaliptos	*				*	
C. Pinos		*				
C. Acacias			*			

Fig. 6. Evolución de la fitotoxicidad, producida por los residuos de *P. radiata* en descomposición en cuatro suelos diferentes, bioensayando la dilución más concentrada (dilución 1:1), medida como inhibición del crecimiento de las radículas de *L. sativa*. Los valores aparecen en porcentaje respecto al control (residuos de *Q. robur* descomponiéndose en su propio bosque y que representan el 100%). Los asteriscos (*) de la tabla inferior indican diferencias significativas al nivel del 5% ($p < 0,05$) con respecto al control para cada tiempo.

minadas soluciones problema estimulan el crecimiento. Esto se advierte a los 15 días inducido por los macerados de la pinocha enterrada en el robledal y en el cultivo de acacias, y a los 30 por la enterrada en el propio pinar. Tras pasado este período, coincidiendo con un descenso también en la germinación, se presentan a los 180 días diferencias inhibitorias significativas entre el material vegetal enterrado en el cultivo de eucaliptos y de acacias con respecto al control.

Considerando las acículas en descomposición procedentes de las cuatro parcelas estudiadas, la figura 3 nos permite ver el efecto de las concentraciones ensayadas sobre la germinación de *L. sativa* y la figura 4 sobre el crecimiento de radículas. La concentración 1:1 presenta, para la germinación, inhibiciones en cuatro de los tiempos

estudiados y, especialmente, 1 y 30 días después de empezada la descomposición; la concentración 1:2 también inhibe la germinación a los 180 días. Sin embargo, a los 15 días el crecimiento presenta estimulación para las concentraciones 1:1 y 1:2 presentando inhibición para estas mismas concentraciones a los 365 días.

En la figura 5 se sintetizan los efectos de los tratamientos con extractos de concentración 1:1 sobre la germinación de *L. sativa*. Este estudio determinó la toxicidad de los extractos procedentes de las acículas descompuestas en el cultivo de acacias y de eucaliptos, para varios de los diferentes tiempos estudiados, siendo sin embargo similares al control tanto en el robledal como en pinar.

En la figura 6 se desglosan los efectos de las soluciones 1:1 sobre el crecimiento de radículas de *L. sativa*. Solamente aquellos extractos procedentes del cultivo de eucaliptos presentan una capacidad inhibitoria significativamente diferente; ésta se refleja en los tiempos 1 y 180. Los extractos que proceden de la descomposición en el robleal inducen una estimulación del crecimiento, con respecto al control, significativamente diferente en los tiempos 7 y 15; en el primero de ellos también inducen estimulación aquellos extractos que proceden del pinar y, en el último, los que proceden del acacial, pero con el impedimento de que inducían inhibición de la germinación.

Puede concluirse que los residuos en descomposición de *Pinus radiata* no presentan capacidad alelopática inhibitoria cuando se descomponen en el pinar. Sin embargo, y dado que las sustancias liberadas por estos residuos sufren transformaciones en el suelo, aparecen efectos alelopáticos importantes durante el proceso de descomposición en otras parcelas (eucaliptal y, en mayor medida, acacial), indicando, posiblemente, la existencia de metabolitos tóxicos que surgen de la actividad diferencial de la flora edáfica asociada a cada tipo de suelo (hay que señalar que dichos efectos no son achacables al pH de las soluciones). La identificación y el estudio de la evolución de estos metabolitos tóxicos en el suelo forma parte de la actual línea de investigación de los autores.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ATTWILL, P.M., GUTHRIE, H.B. & LEUNING, R. (1978). Nutrient cycling in a *Eucalyptus obliqua* (L'Hérit.) Forest. I. Litter production and nutrient return. *Aust. J. Bot.*, **26**: 79-91.
- BARA, T.S., RIGUEIRO, A.R., GIL, S.M.C., MANSILLA, V.P. & ALONSO, M.S. (1985). Efectos ecológicos del *Eucalyptus globulus* en Galicia. Estudio comparativo con *Pinus pinaster* y *Quercus robur*. *Mon. INIA*, **50**. Madrid.
- BASANTA, M., DÍAZ, E., CASAL, L. & MOREY, M. (1989). Diversity measurements in shrubland communities of Galicia (NW of Spain). *Kluwer Academic Publishers*, **82**: 105-112.
- BOCOCCO, K.L. (1964). Changes in the amount of dry matter, nitrogen, carbon and energy in decomposing woodland leaf litter in relation to the activities of the soil fauna. *J. Ecol.*, **52**: 273-284.
- CARBALLEIRA, A., DEVESA, C., RETUERTO, R., SANTILLÁN, E. & UCIEDA, F. (1983). *Bioclimatología de Galicia*. Fundación Barrié de la Maza. A Coruña.
- DÍAZ-FIERROS, F., CALVO DE ANTA, R. & PAZ, C. (1982). As especies forestais e os solos de Galicia. *Cuad. Area de Cien. Agrarias. Sem. Estudos Galegos*. Edicións do Castro, Sada. A Coruña.
- GLOAGUEN, J.C. & TOUFFET, J. (1980). Vitesse de décomposition et évolution minérale des litières sous climat atlantique. I. Le Hêtre et quelques Conifères. *Acta Oecol. Plant.*, **15**: 3-26.
- KELMAN, R. & LANGE, G.E. (1982). A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. *Ecology*, **63**: 1636-1642.
- MC CAULEY, B.J. (1975). Biodegradation of litter in *Eucalyptus pauciflora* communities. I. Techniques for comparing the effects of fungi and insects. *Soil Biol. Biochem.*, **7**: 341-344.
- RABOTNOV, T.A. (1974). On the allelopathy in the phytocenoses. *Izo Akad. Nauk. SSSR Ser. Biol.*, **6**: 811-820.
- RIGUEIRO, A. & SILVA-PANDO, F.J. (1983). Algunas consideraciones sobre los efectos del *Eucalyptus globulus* Labill. sobre el medio natural gallego. *Cuad. Area C. Agrarias*, **4**: 426-444.
- TUKEY, H.B.JR. (1966). Leaching of metabolites from above-grown plant parts and its implications. *Bull. Torrey Bot. Club*, **93**: 385-401.
- WOODS, P.V. & RAISON, R.J. (1982). An appraisal of techniques for the study of litter decomposition in eucalypt forests. *Aust. J. Ecol.*, **7**: 215-225.