

VARIACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE AGUA TRAS UNA SECUENCIA DE PERTURBACIONES Y OPERACIONES SELVICOLAS EN UNA CUENCA DE *EUCALYPTUS GLOBULUS* LABILL. DE GALICIA

Cristina Fernández Filgueira, José Antonio Vega Hidalgo y María Teresa Fonturbel Lliteras

Departamento de Protección Ambiental. Centro de Investigación Forestal-Lourizán. Consellería de Medio Rural. Xunta de Galicia. Apdo. Correos. 127. 36080-PONTEVEDRA (España). Correo electrónico: cffilgueira@gmail.com

Resumen

En el presente trabajo se evalúa el impacto sobre la producción de agua de una secuencia de perturbaciones y operaciones selvícolas en una pequeña cuenca experimental de *E. globulus* de Galicia (NW España). La secuencia incendio-corta a hecho, seguida de selección de brotes es común en las plantaciones de esta especie en Galicia. A ella se ha añadido desde hace unos años, la defoliación parcial o total como consecuencia de la aparición de la plaga de *Gonipterus scutellatus* Gill. Un incendio forestal, en el verano de 1989, causó un aumento en la escorrentía total de un 68%, sobre el valor esperado, durante los tres primeros años post-fuego. Después de la corta a hecho en 1992, se midió un incremento en la producción de agua del 73%, como promedio, en los tres años siguientes. Por su parte, la selección de brotes supuso un incremento medio del 47% durante los tres primeros años. No se detectaron cambios significativos durante el cuarto año después de la selección de brotes. La defoliación por *G. scutellatus* provocó aumentos en la cantidad de escorrentía generada en la cuenca variables dependiendo del año. Como promedio, un aumento en la producción del agua del 23%, sobre lo esperado, se midió entre los años hidrológicos 1999-2000 y 2005-2006.

Palabras clave: *Escorrentía, Incendio, Corta a hecho, Selección de brotes, G. scutellatus*

INTRODUCCIÓN

El posible impacto de las plantaciones de *Eucalyptus globulus* Labill. sobre el régimen hidrológico ha sido objeto de investigación en distintos lugares del mundo en los que esta especie se ha plantado extensivamente (p. ej. PEREIRA, 1973; POORE & FRIES, 1985; CALDER, 1986; SAMRAJ et al., 1988; LIMA, 1993). Esta cuestión ha sido también abordada en relación a las plantaciones de esta especie en Galicia (DÍAZ-FIERROS et al., 1982; PAZ, 1982; CALVO,

1992; GRAS 1992, 1993; VEGA Y FERNÁNDEZ, 2002; SOTO et al., 2005). Sin embargo, no existe información suficiente sobre la magnitud de la respuesta hidrológica de estas masas frente a las frecuentes perturbaciones sufridas por *E. globulus* en Galicia (GRAS et al., 1993; FERNÁNDEZ et al., 2006, 2007).

Una alteración del flujo de salida de agua de cuencas pobladas de *E. globulus* podría significar una mayor exportación de nutrientes del sistema (DAMBRINE et al., 2000; FERNÁNDEZ, 2002) un aspecto particularmente relevante desde el

punto de vista de la sostenibilidad de la gestión intensiva a la que estas masas se ven sometidas (VEGA Y FERNÁNDEZ, 2002; MERINO et al., 2005; VEGA Y FERNÁNDEZ, 2005).

En este trabajo se resume los principales resultados obtenidos acerca de los cambios en la producción de agua en una cuenca de *E. globulus* del NW de España después de una serie continuada de perturbaciones, operaciones selvícolas y ataque de un defoliador muy común en esa especie forestal.

MATERIAL Y MÉTODOS

Area de estudio

Cuenca Castrove

Situada en el cordal de montes del Castrove (42°26'40" - 42°27'00"N y 8°43'30" - 8°43'55" W), en la entrada de la ría de Pontevedra. Su superficie es de 9.9 ha, con una pendiente media del 22%. La altura media sobre el nivel del mar oscila entre 348 y 445 m. El curso de agua que recorre la cuenca es tributario del Rego Covelo que desemboca en la Ría de Pontevedra. La orientación es S-SE. Los suelos son predominantemente *Leptosoles* y *Regosoles úmbricos* (FAO, 1990), de textura franco-arenosa desarrollados sobre granito y con una profundidad media de 0,65 m. El clima es oceánico y según la clasificación fitoclimática de ALLUÉ (1990) nemoral genuino. La precipitación media anual es de 1989 mm (período 1987-2006), un 66% de esa cantidad recogida en el período Octubre-Marzo. Existe un período de sequía (1-2 meses) en verano. La temperatura media anual es 14°C. La media del mes más frío es 8,5 °C y la del más cálido 21°C.

La cuenca está ocupada por una plantación de *E. globulus* Labill. que tenía 15 años en 1987 y que se aprovecha como monte bajo a turno de 12-15 años. La plantación sufrió un incendio en el verano de 1989 y fue cortada en 1992. En el año hidrológico 1995-1996, se realizó una selección de brotes. *Acacia melanoxylon* R. Br. (sobre todo en las zonas más húmedas de la cuenca) *Ulex europaeus* L. y *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn están también presentes.

Otra cuenca experimental, Caldas (42°34'28" - 42°34'48"N y 8°36'57" - 8°37'08" W), cubierta con *Pinus pinaster* Ait.,

empezó también a monitorizarse en 1987 y sirvió como control

Las cuencas han sido más detalladamente descritas en GRAS (1993), GRAS et al. (1993) y FERNÁNDEZ et al. (2006).

Equipamiento de las cuencas y toma de datos

Las dos cuencas están dotadas de estaciones de aforo con vertedero en V de 90°, metálico, situado en un muro de cierre de hormigón de sección trapezoidal. La altura sobre la lámina de agua es registrada de forma continua por medio de un limnógrafo OTT Kempton tipo X. Los limnogramas son recogidos semanalmente en las estaciones correspondientes. La escorrentía es dividida por la superficie de la cuenca para obtener los valores en mm.

Basándose en la distribución estacional de la lluvia y de la escorrentía se consideró el año hidrológico desde el 1 de Octubre al 30 de Septiembre. Aunque la humedad del suelo al final del año hidrológico no fue determinada, se asumió que el agua almacenada en el suelo a finales de Septiembre de cada año es bastante constante (CORNISH & VERTESSY, 2001).

Las cuencas están dotadas de una estación meteorológica equipada con pluviómetros, pluviógrafo, anemómetro, higrómetro-higrógrafo, termómetros de máxima y mínima y evaporímetros. Existe además una pequeña red de pluviómetros en distintos puntos para una mejor monitorización de la precipitación.

Análisis estadísticos

Los datos de escorrentía obtenidos semanalmente se sumaron en intervalos trimestrales. Una regresión construida con los datos de escorrentía trimestral entre la cuenca Castrove y la de Caldas para el período 1987-1989, previo a un incendio sufrido por la cuenca Castrove, mostró un buen ajuste ($r^2 = 0,976$; FERNÁNDEZ et al., 2006) y fue usada para testar los posibles cambios en la producción de agua como consecuencia del ataque de *G. scutellatus*.

A partir de la ecuación de calibración mencionada líneas más arriba, se calcularon los intervalos de confianza (95%) para cada valor predicho. Si un valor del período post-perturbación estaba dentro de los límites de los intervalos de confianza, se consideró que ese valor no dife-

ría significativamente del predicho por la ecuación de calibración. Si, por el contrario, estaba fuera del intervalo citado, la diferencia entre el valor observado y el predicho por la ecuación de calibración fue usada para cuantificar la respuesta a esa perturbación para cada trimestre. La respuesta anual se obtuvo sumando los residuos obtenidos a partir de los valores fuera de los límites de los intervalos de confianza respectivos.

El paquete estadístico SPSS (2004) fue usado para los análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los aumentos significativos en la producción de agua medidos los años siguientes al incendio y corta a hecho (Tabla 1) están en la línea de lo encontrado previamente en otras cuencas de eucalipto en Australia (CORNISH, 1993; CORNISH & VERTESSY, 2001).

La selección de brotes supuso un aumento significativo en la producción de agua del 47% para los tres años siguientes a esa perturbación. Esta cantidad resultó claramente mayor que los

pequeños aumentos de escorrentía detectados después de clareos en otras cuencas de eucalipto (LANE & MACKAY, 2001), aunque en esos estudios el tratamiento afectó a menos del 70% del área basimétrica y no se realizó justo después de un incendio y una corta. Por otro lado, la selección de brotes realizada en estas masas de eucalipto no es totalmente comparable a los clareos en especies no rebrotadoras.

Al igual que lo encontrado en este estudio (Tabla 1), WATSON *et al.* (2001) también detectaron un aumento significativo de la escorrentía después de un ataque de *Hyalinaspis semi-spherula* y *Cardiaspina bilobata* en dos cuencas de *E. regnans* en Australia, con un régimen de precipitación similar al de nuestro estudio. WATSON *et al.* (2001) observaron un descenso del efecto de la defoliación por insectos en la producción de agua con el tiempo que no fue apreciable en nuestro caso.

En nuestro caso, la variabilidad de la respuesta de la producción anual de agua pareció verse influida por la precipitación. Los cambios trimestrales en la producción de agua observados durante el período de estudio estuvieron

Período de análisis (Año hidrológico)	Precipitación (mm)	Aumento en la escorrentía anual (mm ; %*)
1989-1990	1741	485; 65
1990-1991	2497	487; 43
1991-1992	1482	252; 97
1992-1993	1750	616; 80
1993-1994	2593	915; 114
1994-1995	2101	271; 26
1995-1996	2314	583; 62
1996-1997	1746	327; 45
1997-1998	2305	446; 33
1998-1999	1871	0; 0
1999-2000	1918	223; 20
2000-2001	3088	641; 34
2001-2002	1392	178; 39
2002-2003	2407	297; 21
2003-2004	1741	193; 20
2004- 2005	1100	0; 0
2005-2006	1407	211; 27

Tabla 1. Cambios en la escorrentía anual en la cuenca de *E.globulus* durante el período de estudio. * % cambio: (valor observado- valor predicho/valor predicho) x 100

relacionados de forma significativa con la precipitación trimestral (FERNÁNDEZ et al., 2006).

Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por la Comisión de Investigación, Ciencia y Tecnología de Galicia, el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA) y la Dirección General de I+D de la Xunta de Galicia a través de los proyectos 8636, SC-93-096 y PGIDIT05RFO50202PR, respectivamente. Agradecemos muy especialmente la colaboración de Antonio Arellano y José Ramón González en la recolección de datos.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLUE, J.L.; 1990. *Atlas fitoclimático de España. Taxonomías*. INIA-MAPA. Madrid.
- CALDER, I.R.; 1986. Water use of eucalypts- a review with special reference to south India. *Agric. Water Manage.* 11: 333-342.
- CALVO, R.; 1992. *El eucalipto en Galicia: Sus relaciones con el medio natural*. Servicio de Publicaciones Universidad de Santiago. Santiago de Compostela.
- CORNISH, P.M.; 1993. The effects of logging and forest regeneration on water yields in a moist eucalypt forest in New South Wales. *J. Hydrol.* 150: 301-322.
- CORNISH, P.M. & VERTESSY, R.A.; 2001. Forest age induced changes in evapotranspiration and water yield in a eucalypt forest. *J. Hydrol.* 242(1-2): 43-63.
- DAMBRINE, E.; VEGA, J.A.; TABOADA, T.; RODRÍGUEZ, L.; FERNÁNDEZ, C.; MACÍAS, F. Y GRAS, J.M.; 2000. Bilans d'éléments minéraux dans de petits bassins versants forestiers de Galice (NW Espagne). *Ann. For. Sci.* 57: 23-38.
- DÍAZ-FIERROS, F.; CALVO, R. Y PAZ, A.; 1982. As especies forestais e os solos de Galicia. *Cuad. Area de Cien. Agrarias. Sem. Estud. Galegos*: 1-153 pp.
- FAO; 1990. *Soil map of the world*. FAO-UNESCO. Rome.
- FERNÁNDEZ, C.; 2002. *Influencia de actuaciones selvícolas y perturbaciones en el balance hídrico y dinámica de nutrientes en cuencas experimentales. Su conexión con la sostenibilidad de la silvicultura intensiva en especies forestales de crecimiento rápido en Galicia*. Tesis Doctoral. Universidad de Vigo. Pontevedra.
- FERNÁNDEZ, C.; VEGA, J.A.; GRAS, J.M. & FONTURBEL, T.; 2006. Changes in water yield after a sequence of perturbations and forest management practices in an Eucalyptus globulus Labill. watershed in northern Spain. *Forest Ecol. Manage.* 235(1-3): 275-281.
- FERNÁNDEZ, C.; VEGA, J.A.; GRAS, J.M. & FONTURBEL, T.; 2007. Variaciones en la producción de agua después de un ataque de Gonipterus scutellatus en una cuenca de Eucalyptus globulus Labill. de Galicia. *Boletín del CIDEU* 3: 155-160.
- GRAS, J.M.; 1992. Influencia en el régimen hidrológico de las plantaciones de Eucalyptus globulus en Galicia. *Cadernos da Area de Ciencias Biológicas. Sem. Est. Galegos* 4: 27-48.
- GRAS, J.M.; 1993. *Investigación sobre las relaciones hídricas de las plantaciones de E. globulus en Galicia*. Tesis. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.
- GRAS, J.M.; VEGA, J.A. & BARÁ, S.; 1993. Six years of study on fast growing forest plantations catchments in northwest of Spain. *Acta Geologica Hispanica* 28(2-3): 111-117.
- LANE, P.N.J. & MACKAY, S.M.; 2001. Streamflow response of mixed-species eucalypt forests to patch cutting and thinning treatments. *Forest Ecol. Manage.* 143: 131-142.
- LIMA, W.P.; 1993. *Impacto ambiental do eucalipto*. Editora da Universidade de Sao Paulo. Brazil. Sao Paulo.
- MERINO, A.; BALBOA, M.A.; RODRÍGUEZ-SOALLEIRO, R. & ALVAREZ-GONZÁLEZ, J.G.; 2005. Nutrient exports under different harvesting regimes in fast-growing forest plantations in southern Europe. *Forest Ecol. Manage.* 207: 325-339.
- PAZ, A.; 1982. *Iniciación al estudio de las relaciones entre el agua del suelo y la evapotranspiración de cultivos y bosques en Galicia*. Tesis Doctoral. Univ. Santiago. Santiago de Compostela.

- PEREIRA, H.C.; 1973. *Land use and water resources*. Cambridge University. Cambridge.
- POORE, D. & FRIES, C.; 1985. *The ecological effects of Eucalyptus*. FAO Forestry Pap. 59. FAO. Roma.
- SAMRAJ, P.; SHAEDA, V.N.; CHINNAMANI, S.; LAKSHMA-NAN, V. & HALDORAI, B.; 1988. Hydrological behaviour of the Nilgiri sub-watersheds as affected by bluegum plantations. Part. I. The annual water balance. *J. Hydrol.* 103: 335-345.
- SOTO, B.; BREA, M.A.; PÉREZ, R. & DÍAZ-FIERROS, F.; 2005. Influence of 7-year-old Eucalyptus globulus plantation in the low flow of a small basin. In: *The Fourth Inter-Celtic Colloquium on Hydrology and Management of Water Resources*. Guimaraes. Portugal.
- SPSS; 2004. *User's Manual*. Ireland.
- VEGA, J.A. Y FERNÁNDEZ, C.; 2002. Algunos resultados destacables de las líneas de investigación sobre E. globulus Labill. desarrolladas en el CIF de Lourizán. En: *Actas I Symposium Internacional sobre Socioeconomía, Investigación, patología y sostenibilidad del eucalipto*: 133-141. Universidad de Vigo. Vigo.
- VEGA, J.A. Y FERNÁNDEZ, C.; 2005. Balance de nutrientes en cuencas hidrológicas experimentales para determinar la sostenibilidad de las plantaciones de especies forestales de crecimiento rápido en Galicia. En: S.E.C.F.-Gobierno de Aragón (eds.), *Actas 4º Congreso Forestal Español*. CD-Rom. Imprenta Repes, S.C. Zaragoza.
- WATSON, F.; VERTESSY, R.; MC MAHON, T.; RHODES, B. & WATSON, I.; 2001. Improved methods to asses water yield changes from paired catchment studies: application to the Maroondah catchments. *Forest Ecol. Manage.* 143: 189-204.