

El eucalipto en la Península Ibérica y su impacto sobre los recursos hídricos

Francisco Díaz-Fierros Viqueira

Profesor Emérito de la Universidad de Santiago de Compostela (España)

ORCID: 0000-0003-3690-2172 francisco.diaz.fierros@gmail.com

Resumen

Se realiza una revisión de los datos hidrológicos de 42 años obtenidos a partir de 9 cuencas repobladas con *Eucalyptus globulus*, en la Península Ibérica, y se analiza su impacto sobre los recursos hídricos. En zonas con menos de 700 mm anuales de precipitación el drenaje es mínimo (< 1 % de la precipitación) pero con precipitaciones superiores a los 1200 mm se encuentra un buen ajuste a las curvas de Zhang *et al.*, (2001). Los valores de ET son similares a los de *Pinus pinaster* y superiores en 200 mm a los prados. Las aguas subterráneas experimentan un descenso progresivo hasta los 7-8 años de crecimiento de una plantación. Con una buena planificación de la repoblación a nivel de cuenca los consumos de agua del eucalipto podrían ser compatibles con otros usos.

Palabras clave: Hidrología forestal, eucalipto, planificación hidrológica, impacto ambiental.

Abstract

Eucalyptus in the Iberian Peninsula: impact on water resources. Hydrological data taken from 9 basins reforested with *Eucalyptus globulus* in the Iberian Peninsula that were compiled to 42 years are reviewed. The impact of Eucalyptus on water resources is analysed. In areas where the amount of annual rainfall is less than 700 mm, drainage is very low (<1% rainfall), but when the amount of rainfall is over 1200 mm an adjustment to Zhang *et al.* (2001) curves is found. ET values are similar to this of *Pinus pinaster* and higher to meadows in 200 mm. Groudwater levels gradually fall while a plantation grows for 7-8 years. With an appropriate water planning at the basin level, the Eucalyptus' water consumption could be consistent with other uses.

Keywords: Forest hydrology, eucalyptus, water planning, environmental impact.

Introducción

La fama del eucalipto en relación con su avidez por el agua le viene de antiguo, pues ya a principios del XIX era utilizado en Italia para la desecación de las marismas del Agro Pontino, en Roma, para prevenir el paludismo. Esta práctica se extendió por numerosos países de tal forma que en el Primer Congreso Mundial sobre el Eucalipto organizado por la FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, en Australia, en 1952, fue uno de los temas más extensamente tratados. También en la India comenzó a ser utilizado como “árbol-bomba” para hacer descender el nivel freático de los suelos salinos en las labores previas a su regeneración. Por otra parte, los estudios científicos sobre esta problemática todavía eran muy escasos y de poca entidad y mucho menos los relativos al eucalipto, tal como manifestaba Kaplan (1961) en la Tercera Conferencia Mundial sobre el Eucalipto: *“Aunque durante los últimos años se ha producido un considerable progreso en relación con los métodos de investigación de las relaciones del agua y de su consumo por árboles y bosques, aparece muy poca investigación con respecto al eucalipto”*.

Los métodos inicialmente más accesibles para el estudio de la hidrología forestal medían los contenidos y flujos de agua del suelo en el entorno de las raíces, posteriormente, sobre los años setenta, aparecieron los que determinaban el flujo de vapor en las capas de la atmósfera inmediatas a la cubierta arbórea (evaporación+transpiración) y, finalmente, sobre los noventa, los que controlaban el flujo de savia en los troncos. Eran métodos parciales que medían el transporte de agua por los árboles en los diferentes tramos en los que se producía: suelo, atmósfera y planta. Procedimientos que por su propia naturaleza tenían un carácter “micro” y que para poder extrapolarlos a toda una plantación o cuenca, precisaban métodos de “transposición de escalas” que requerían multiplicar las medidas puntuales tantas veces como fuera necesario para tener en cuenta todas las numerosas causas de variabilidad que existían. Posiblemente, muchas de las diferencias de interpretación que se dieron al analizar las relaciones de los árboles con el agua fueron consecuencia de las excesivas generalizaciones que se realizaron sobre datos que solo eran válidos para entornos muy reducidos.

Solamente los métodos que utilizaron la cuenca hidrográfica como unidad de medida para determinar la influencia de las zonas forestadas sobre los caudales tuvieron ese carácter globalizador y sintético que exigían las determinaciones

propias de la hidrología forestal. De hecho esta ciencia no llegó a consolidarse como un cuerpo de conocimientos propio y bien establecido hasta que los datos de un número suficiente de cuencas forestadas no estuvieron disponibles. Esto ocurría en torno a los años sesenta, fecha en la que se celebraba, en 1965, el International Symposium on Forest Hydrology. Pocos años más tarde, en 1982 se publicaba el importante trabajo de Bosch y Hewlett sobre la influencia de los cambios de vegetación en los caudales a partir de los datos de 94 cuencas hidrográficas, dentro de las que aparecían ya referenciadas 6 cuencas australianas repobladas con eucaliptos.

En el año 2001 Zhang *et al.* realizan otro estudio similar con 250 cuencas hidrográficas de todo el mundo estableciendo una relación muy simple pero muy consistente, entre la evapotranspiración anual (calculada por la diferencia entre la precipitación y el caudal anual) y la precipitación. El incremento entre el consumo de agua expresado como evapotranspiración, en función del clima expresado como precipitación, presentaba un carácter exponencial. Diferenciaba dos curvas, una correspondiente a las cuencas con vegetación praterense que tienden a estabilizar su consumo de agua en torno a los 1000 mm en los climas más húmedos y otra relativa a las cuencas con vegetación forestal (sin diferenciar el tipo de especie) que tiende a estabilizarse sobre los 1300 mm. La diferencia en el consumo de agua entre los dos tipos de vegetación es menor de 50 mm con precipitaciones inferiores a los 700 mm y alcanza su máximo, de 300 a 400 mm, con valores superiores a los 2000 mm. Las cuencas con eucalipto consideradas, se ajustan perfectamente a la curva correspondiente a la vegetación forestal, hecho que posteriormente pudo comprobar de nuevo Lima (2010) con plantaciones de eucalipto del Brasil.

Aunque trabajos posteriores, ampliaron la información de los impactos de los eucaliptos sobre los recursos hídricos en cuestiones tales como su estacionalidad o los diferentes componentes de los flujos y almacenes de agua, estas curvas de Zhang *et al.* (2001) siguen siendo todavía el mejor modelo para interpretar de una forma global y sencilla sus relaciones con el agua.

En resumen, que hay un amplio acuerdo en la comunidad científica forestal que las plantaciones con especies de crecimiento rápido, como el eucalipto, consumen en general más agua que los pastos y las especies caducifolias. Que este incremento en el consumo puede llegar a ser crítico en determinadas situaciones y épocas, pero que en general, con una adecuada planificación, puede ser perfectamente compatible con otros usos.

Primeros problemas en la Península Ibérica

Desde los comienzos del siglo XX los eucaliptos de la Península Ibérica pasaron de ser árboles exclusivamente ornamentales a ser cada vez más demandados como madera para traviesas de ferrocarril, entibados de mina y la construcción en general, por lo que sus plantaciones fueron cada vez más numerosas y extensas. Pero también comenzaron los problemas de vecindad con los cultivos próximos y otros usos del suelo, de entre los cuales, la competencia por el agua fue uno de los más señalados. Hay testimonios sueltos de esta problemática como el del forestal español F. de Castro (1912) sobre la necesidad de cuidarse “*de no hacer las plantaciones en las proximidades de los viveros ni de los edificios*” para evitar los daños que podrían provocar la extensión de su poderoso sistema radical o la ley portuguesa de 1937 (lei n.º 1951, do 9.03.37) que prohibía la plantación de eucaliptos a menos de 20 metros de terrenos cultivados y a menos de 40 de *manantiales y tierras de regadío* (Monteiro *et al.*, 2007)

En Portugal la creación de la “*Estação de Experimentação do sobreiro e o eucalipto*” en Alcobça en 1930, estuvo dedicada en sus primeros años al estudio, casi exclusivo, del alcornoque pero a partir de los años cincuenta se abre ya a la problemática de otras especies y su relación con el medio como sucedió con el libro de Gomes Guerreiro “*A floresta na conservação do solo e da auga*” (1953), en el que se realiza una actualizada revisión de esa problemática y en la que no falta una referencia al eucalipto y los recursos hídricos.

En España, después de la intensa repoblación que se puso en marcha en los años cuarenta del siglo XX por el nuevo régimen político, comenzaron a surgir protestas contra los pinos (que era la especie que se plantaba mayoritariamente) pero también contra el eucalipto. Inicialmente, la mayoría de los problemas tenían causas socioeconómicas entre las que se iban incluyendo cada vez más cuestiones ambientales, como los juicios recogidos en un informe de un forestal español, en 1942, que criticaba que los eucaliptos “*rebajaban la lámina de agua*” o la de los vecinos de Rañadoiro (Pontevedra, España), en 1953, que en su protesta contra la repoblación forzosa solicitaban, entre otras reclamaciones, que “[...] *se impida a toda costa la plantación de eucaliptos que perjudican con su necesidad de agua, la producción agrícola de interés nacional*” (Rico Boquete, 1995).

Estas valoraciones negativas del eucalipto en relación con el agua, que podían reflejar en algunos casos experiencias propias, en la mayoría de ellas, sobre todo en las dos décadas siguientes, tomaron como referencia fundamental la información que les llegaba de otros países, como California, Sudáfrica o sobre todo la India, donde estaba comenzando una intensa campaña contra la importante expansión de este árbol. A la par de la problemática social que generaban estas repoblaciones, las cuestiones ambientales fueron ocupando

un lugar relevante, siendo la de los consumos excesivos de agua una de las cuestiones más frecuentemente citada. La FAO intentó eliminar de este debate las posturas más radicales con su publicación sobre *Efectos ecológicos de los eucaliptos* (Poore y Fries, 1987), planteamiento que ya había intentado el portugués Ernesto Goes diez años antes con su libro sobre *Os eucaliptos: Ecologia, Cultura, Produção e rentabilidade* (1977).

De todas formas, la expansión y consolidación de los movimientos ambientalistas de final del XX y primeras décadas del XXI no hicieron más que agudizar esta problemática, a pesar de que la importante investigación hidrológico forestal que se desarrolló en ese período aportaba toda una serie de evidencias que mostraban que los problemas de competencia de los eucaliptos con el agua, que podía existir bajo determinadas circunstancias, eran consecuencia sobre todo de un deficiente manejo de la explotación más que de algo propio de la especie arbórea. Conclusión, a la que finalmente también llegaban, un conjunto de grupos ambientalistas coordinados por Greenpeace en el 2011, al abordar la problemática del eucalipto en la Península Ibérica con la publicación *La conflictividad de las plantaciones de eucalipto en España (y Portugal)*:

“El árbol del eucalipto no tiene la culpa. No se puede atribuir a un árbol una conflictividad que tiene que ver con las técnicas de planificación, de repoblación, de silvicultura y de explotación. El eucalipto tampoco es responsable de las atribuciones que atribuyen a su cultivo rentabilidades milagrosas”.

Experiencias en cuencas hidrográficas

Por todo lo señalado anteriormente se deduce que serán los balances hídricos de las cuencas repobladas con eucaliptos las que pueden aportar una información más integrada y global sobre sus relaciones con el agua. No son estudios fáciles por la dificultad que supone, no solo la instrumentación de la cuenca (compleja y costosa) sino sobre todo por lo arduo que a veces resulta encontrar zonas idóneas que por su topografía y usos del suelo sean representativas del problema que se trata de investigar. También la necesidad de mantener el dispositivo experimental un número de años suficiente para que pueda captar toda la variabilidad climática y silvícola que le es propia, incrementa la dificultad y viabilidad económica y académica de estos proyectos.

Aun así, en la Península Ibérica a partir de la década de los ochenta del pasado siglo fueron instalándose cuencas experimentales dedicadas al estudio de los consumos de agua por las plantaciones de eucaliptos. Las primeras se montaron en la zona portuguesa

de clima mediterráneo con precipitaciones inferiores a los 700 mm promovidas por el Instituto Nacional de Agronomía de Lisboa. En la zona de Odemira (Alentejo) se instrumentalizaron dos cuencas para el estudio de repoblaciones de *Eucalyptus globulus* y *Quercus suber* encontrándose que en los dos casos prácticamente no se generaban escorrentías como consecuencia de la utilización total de los recursos hídricos por las dos repoblaciones (Pereira de Almeida y Riekerk, 1990). En la zona de Cercal en Ribatejo, 60 Km al norte de Lisboa, se realizaron durante varios años estudios hidrológicos que llegaban a similares conclusiones, pues en los años más húmedos (con precipitaciones del orden de los 800 mm) los caudales representaban solo el 1% de los aportes de la lluvia (Gras, 1982).

En zonas de clima más húmedo como era la Beira Litoral, promovidos por la universidad de Aveiro, se instalaron a partir de los años noventa una serie de cuencas experimentales, como las de Falgorosa, Bouça, Serradinha o Serra de Cima. Y en España, en zonas de clima ya especialmente húmedo (más de 1400 mm) y promovidos por el Centro Forestal de Lourizan (Pontevedra) se instalaron en el año 1987-88 una cuenca repoblada con eucaliptos en O Castrove y pocos años después otra en Encanada do Xabará (Cuntis) en las que, a pesar de haber sufrido una serie de incendios y otras alteraciones, pudieron aportar durante algunos años datos de interés hidrológico. Finalmente, promovida por las universidades de Santiago y A Coruña en la zona de O Abelar, en el norte de Galicia, se instaló una cuenca en el año 1999 en la que se pudo seguir durante diez años el crecimiento de una repoblación de *Eucalyptus globulus*.

Con todas estas cuencas se pudieron contabilizar 42 años de balances hídricos para la zona ibérica con más de 700 mm de lluvia:

- Bouça (3 años) (Ferreira *et al.*, 1998);
- Castrove (1 año) (Gras, 1982);
- Cercal (10 años) (David *et al.*, 1994, Castelo, 2018);
- Encanada do xabáril (3 años)(Gras *et al.*, 1993);
- Falgorosa (3 años) (Ferreira *et al.*, 1998);
- O Abelar (10 años) (Rodríguez-Suárez *et al.*, 2014);
- Serra de Cima (1989-92), Ferreira, *et al.* (1998);
- Serra de Cima (2010-2016), Boulet *et al.* (2019);
- Serradinha (3 años) Ferreira *et al.* (1998).

El conjunto de los balances presentan en general un buen acuerdo con las curvas de Zhang *et al.* (2001), si bien se puede observar una tendencia a que los valores de ET

sean más bajos que los que les corresponderían a cuencas con valores de repoblación entre los 60 y 80 % de superficie ocupada por especies de crecimiento rápido como sería el caso de la mayoría de las cuencas consideradas. Una posible explicación de esta desviación podría estar en la profundidad del suelo, que en muchos casos no superaría los 100 cm con lo que existiría una limitación para que la ET alcanzase sus valores máximos (fig. 1).

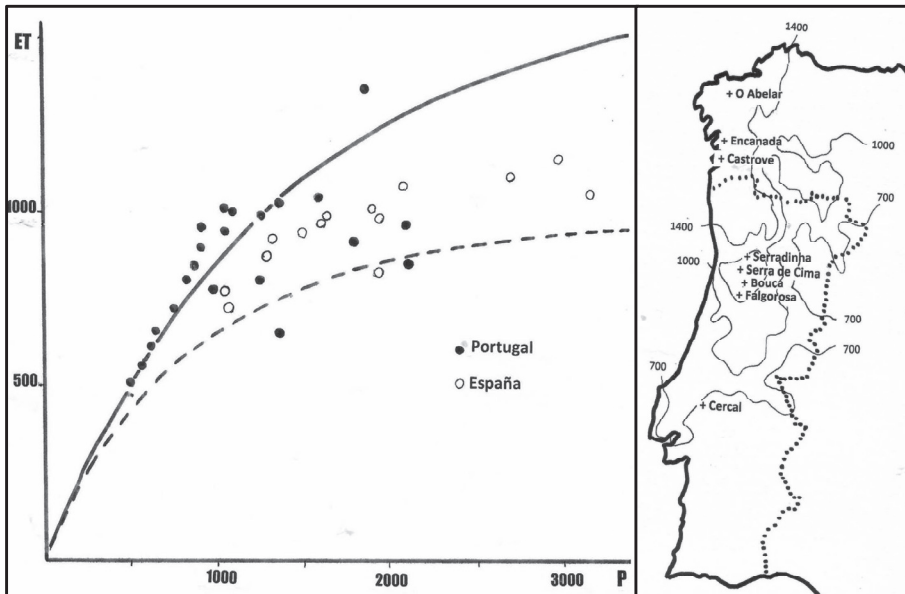


Fig. 1 - Valores de precipitación (P) y evapotranspiración (ET) de diferentes cuencas portuguesas y españolas repobladas con *Eucalyptus globulus* superpuestos a las curvas de Zhang et al. (2001),

4.- Otros estudios sobre el eucalipto y el agua.

a) Relación con el *Pinus pinaster* y los prados.

La historia reciente de la reforestación de la zona atlántica de la Península Ibérica se caracteriza por la sustitución del *Pinus pinaster* como especie predominante, por el *Eucalyptus globulus*, que en Portugal representa ya el 26 % de la superficie forestada arbórea frente al 23 % del pino (Monteiro et al., 2007) y en el NW de España, el 13% frente al 28% del pino. Es importante, en consecuencia, conocer que cambios en los consumos de agua podrían suponer la sustitución de una especie por la otra.

Existen unos primeros estudios de David *et al.* (1997) para la zona con precipitaciones inferiores a los 700 mm en los que demuestran como las dos especies tienen unos consumos semejantes que prácticamente agotan toda el agua disponible para el drenaje. Pereira (2001), posteriormente, encuentra para la misma zona resultados similares que le llevan a afirmar que “[...] *calquera destas duas espécies deberá utilizar completamente a agua disponível no solo, dando origem a perdas de água por transpiração que, numa base anual, se aproximam dos quantitativos anuais de precipitação efectiva*”. David *et al.* (1997), por otra parte, utilizando el método del flujo de savia, encuentra que los valores transpirativos son prácticamente idénticos para las dos especies.

En la zona más húmeda española, con precipitaciones que superan los 1200 mm, Gras (1983) comparando dos cuencas experimentales, encuentran que la evapotranspiración media del eucalipto es de 876 mm frente a los 1039 mm de la repoblada con pino. En cambio Ferreira *et al.* (1998) en la Beira Litoral, obtiene que los promedios de evapotranspiración anual serían de 931 mm para el eucalipto y 908 mm para el pino. Recientemente (Boulet, 2019) en un estudio de 6 años de dos cuencas pareadas con los dos tipos de vegetación, en las estribaciones del Caramulo, encuentran que los valores de ET del pino son claramente superiores, 1001 mm frente a 819 mm.

De todo este conjunto de ensayos, parece deducirse con bastante seguridad que a pesar de que el *Eucalyptus globulus* tiene una producción en biomasa superior a la del *Pinus pinaster*, que en la zona norte y centro de Portugal puede llegar a duplicarla (Monteiro *et al.*, 2007) su consumo de agua no es mayor que la del pino. Incluso experiencias de mucha garantía como son las de Boulet (2019) apuntan a que la del eucalipto sea inferior. Esta aparente anomalía, podría ser debida a que las pérdidas de agua por evaporación de las cubiertas vegetales (la interceptación de la lluvia) es siempre inferior en el eucalipto que el pino, del 10 % en el primer caso y de 17 % en el segundo (Valente *et al.*, 1997) así como a su mayor eficiencia de transformación en biomasa del agua transpirada (Davidson, 1993) lo que le permite producir la misma cantidad con menos agua consumida.

En una experiencia en cuencas de diez años (Rodríguez-Suárez *et al.*, 2014) utilizando modelos (HBV y TOP) se pudo simular el consumo de agua por los prados, que frente a los eucaliptos, como era de esperar y predecían las curvas de Zhang *et al.* (2001) fueron netamente menores. De todas formas los valores forestales, que superaban en unos 200 mm a los de los prados fueron inferiores a los que predecían las citadas curvas, que para la precipitación recogida durante el ensayo (1708 mm) serían de 300 mm. Diferencia, que una vez más, habría que atribuirle a la escasa profundidad del suelo (de 50 a 100 cm) que actuaba como un limitante de la transpiración.

b) Estacionalidad de caudales.

Los caudales de estío que son importantes por corresponder a una época donde las demandas en agua para otros usos pueden llegar a ser críticas, presentan algunas características destacables. En las cuencas del Caramulo donde se estudió durante seis años una repoblación madura de eucaliptos y otra de pinos, los caudales de los meses de jun+jul+ago totalizaron respectivamente 22 y 20 mm que supusieron aproximadamente el 2% del drenaje total, valores muy bajos, pero que en buena parte se correspondían con la precipitación de ese período que representa el 5 % de la anual. En la cuenca de O Abelar, en España, donde se siguió el crecimiento de una plantación de eucaliptos, la disminución del caudal de estío supuso una reducción del 60% a los 7-8 años, a partir de los cuales se aprecia una moderada recuperación de los mismos. Con relación a los valores estimados para prados en estío, la reducción sería del 67%.

En cualquier caso, la circunstancia del secado total de caudales en estío, que se tiene citado con relación a los consumos de agua por los eucaliptos (Scott *et al.*, 2001), para climas de más de 1200 mm como son la mayoría de los considerados en estos estudios, solo se debería dar muy excepcionalmente y siempre en cuencas muy pequeñas (de menos de 5 has.)

c) Flujos superficial, subsuperficial y subterráneo

Los factores que determinan la evolución temporal y espacial de los caudales dependen de las características de los diferentes flujos de agua que se generan en la cuenca y que finalmente son los que los alimentan. El flujo superficial tiene normalmente una velocidad de tránsito elevada, por lo que se considera que nutre fundamentalmente los caudales de respuesta rápida. Puede originarse por diferencias entre la intensidad de la lluvia y la capacidad de humectación o infiltración de agua en el suelo (flujo hortoniano) o bien por saturación del suelo en agua, que finalmente sale y fluye por la superficie (flujo de fuente variable). En Portugal se desarrollaron muchos estudios sobre los procesos de hidrofobia que se generaban en la superficie del suelo por acumulación de determinado tipo de restos orgánicos o sobre todo, por su quema, después de un incendio (Ferreira *et al.*, 2000). Las conclusiones resultan bastante claras en cuanto a la existencia de estos procesos bajo los eucaliptales en los períodos más secos y, sobre todo, después de un fuego forestal. De todas formas, estudios muy recientes (Boulet, 2019) parecen reducir bastante su posible influencia sobre los procesos de escorrentía superficial a escala de cuenca, bien por el

carácter efímero del proceso que se reduce solo al período estival, o, sobre todo, por la irregularidad espacial que presenta. En cambio, los procesos derivados de la saturación en agua del suelo después de períodos de lluvias importantes y persistentes sí parece que son los responsables de las escorrentías más abundantes. Comparándolo con el *Pinus pinaster*, el eucalipto muestra en las cuencas del Caramulo un mayor coeficiente de escorrentía de invierno y primavera (68 y 55% respectivamente, en el eucalipto, frente a 64 y 50%, en el pino) como consecuencia, sobre todo, de su menor interceptación de la lluvia.

Los estudios sobre el flujo subsuperficial son mucho más escasos, aunque en la citada tesis de Boulet (2019) se muestra como bajo eucaliptal tienen una importancia cuantitativa muy superior a la de los flujos superficiales, conclusión muy semejante a la que se había llegado en relación a la separación de flujos en las cuencas de Galicia (Rial *et al.*, 2005). En cualquier caso, se puede considerar que una parte importante de este flujo (el flujo subsuperficial no matricial) constituye también una fuente de alimentación de los caudales rápidos, posiblemente, bastante más importante que la derivada de los flujos superficiales.

Con relación a los flujos subterráneos existe un estudio en la cuenca de O Abelar (NW España) (fig. 2) en la que se mide en continuo el nivel freático de una plantación de *Eucalyptus globulus*. Se observa como este nivel tiene un ciclo estacional (fig. 2) con niveles altos más o menos constantes durante la época de lluvias y una tendencia al descenso de los mínimos, del orden de los 30 cm, que se estabiliza al séptimo año de crecimiento de la plantación como consecuencia de que en ese momento la superficie foliar alcanza su máximo de cobertura aunque todavía continúe durante varios años el incremento en biomasa de la explotación.

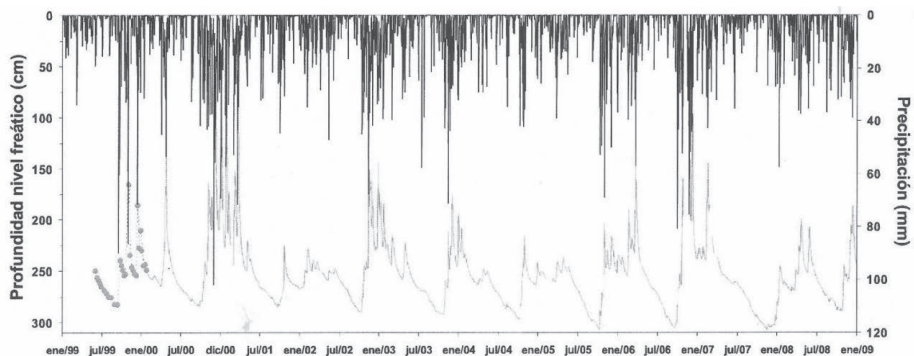


Fig. 2 - Precipitación (barras negras) y nivel freático (línea gris) de una plantación de *Eucalyptus globulus* en O Abelar (NW España) en el período 1999-2009.

Conclusión

De todos estos trabajos se puede concluir que en la Península Ibérica, en zonas con precipitaciones superiores a los 1200 mm los consumos de agua del eucalipto, que son similares o incluso inferiores a los de otras especies de crecimiento rápido como el pino, aunque importantes, son perfectamente manejables con los sistemas de gestión y de planificación de que hoy disponemos. Uno de los principios básicos a tener en cuenta sería la utilización de la cuenca como unidad de gestión, controlando sobre todo la superficie total a repoblar y seleccionado aquellas zonas donde los consumos de agua podrían ser menos críticos para otros usos concurrentes. Otra cuestión sería su impacto hídrico en zonas con pluviometrías inferiores a los 700 mm en las que los problemas y competencias por el agua podrían llegar a tener bastante más importancia.

Bibliografía

- Bosch, J. M. y Hewlett, H. (1982). A review of catchment experiences in determine the effect of vegetation changes of wáter yield and evapotranspiration. *Jour. Hydrology*, 55: 5-23.
- Boulet, A. K. (2019) *Fluxos de Agua no solo em eucaliptais e pinhais da escala de parcela a bacia (Tese Doctoral)*. Univ. Aveiro.
- Castelo, M. M. (2018) *Florestas e água: Uma revisão crítica da componente “água verde” no conceito Water Footprint Network (WFN) para o papel (Dissertação Grau de Mestre)*. Univ. Lisboa. Lisboa, 2018.
- David, J. S., Henriquez, M. O., David, T. S., Tomé, J. y Ledger, D. C. (1994). Clearcutting effects on streamflow in coppice *Eucalyptus globulus* stands in Portugal. *J. Hydrol.*, 162, 1-2: 143-154.
- David, T. S., Ferreira, M. S., David, J. S. y Perreira, J. S. (1997). Transpiration from a mature *Eucalyptus globulus* plantation in Portugal during a spring-summer period of `progresively higher wáter déficit. *Oecologia*, 110: 153-159.
- David, J. S., David, T. S. y Valente, F. (2007) O eucaliptal e os recursos hídricos. En *O Eucaliptal en Portugal* (eds. Monteiro A., Pereira, J. S. y Neves, J. M.) (pags. 113-136). ISAPress. Univ. Técnica Lisboa. Lisboa.
- Davidson, J. (1993) Ecological aspects of *Eucalytus* plantation. *Procc. Regional Expert Consultation on Eucalyptus* (4-8 oct., 1993). Bangkok.
- de Castro, A. F. (1912). El eucalipto en las repoblaciones forestales de Andalucía. *Rev. Montes*, 840: 40-42.
- Ferreira, A. D., Coelho, C., Bento-Gonçales, A. J. B. y Shakesby, R. A. (1998). Impact of climatic change on slope and catchment hydrology in forest áreas, central Portugal. *Geokodynamik*, XIX, 3-4: 165-177.
- Ferreira, A. J. D., Coelho, C. O. A., Walsh, R. P. D., Shakesby, R. A., Ceballos, A. y Doerr, S. H., (2000). Hydrological implicatons of soil wáter-repellency in *Eucalyptus globulus* forests, north-centre Portugal. *Journal Hydrol.*, 231-232: 165-177.
- Gomes Guerreiro, M. (1953). *A floresta na conservação do solo e da agua*. Libr. Sa da Costa. Lisboa
- Gras, J. M. (1992). Influencia en el régimen hidrológico de las plantaciones de *Eucalyptus globulus* en Galicia. Seminario “Os aspectos biolóxicos do cutivo do eucalipto en Galicia”. *Cad. Área Ciencias Biolóxicas*. Seminario Est. Galegos, 4: 27-48.

- Gras, J. M., Vega, J. A. y Bará, S. (1993). Six years of study on fast growing forest plantations catchments in Northwest of Spain. *Acta Geol. Hispanica*, 28, 2-3: 111-117.
- Kaplan, J. (1961). Water relations in Eucalyptus. *3ª Conferencia Mundial del Eucalipto*. Sao Paulo.
- Lima, W. de P. (2010). A silvicultura e a água. Ciência, dogmas, desafios. *Diálogo Florestal. Cuadernos do Diálogo*. Vol 10. Instituto BioAtlântica. Rio de Janeiro
- Monteiro, A., Perreira, J. S. y Neves, J. M. (2007) A introdução do eucalipto em Portugal. En *O Eucalipto em Portugal* (eds. Monteiro, A., Pereira, J. S. y Neves, J. M.) (pags. 13-60). ISAPress. Univ. Técnica Lisboa. Lisboa.
- Pereira, A- y Riekerk, H. (1990). Water balance of Eucalyptus globulus and Quercus suber forests stands in south Portugal. *Forest Ecol. Managm.* 38, 1-2: 55-64.
- Pereira, F. L., David, J. S., (2001). Transpiração em Povoamento Adulto de Eucalipto e de Pinheiro Bravo. *Silva Lusitanica* 9(1): 47-67.
- Poore, M. D. y Fries, C. (1987). *Efectos ecológicos de los eucaliptos*. FAO-Montes, 59. Roma.
- Rial, M. E., Álvarez, M. y Díaz-Fierros, F. (2005). Water balance and observed flows in the Anllóns river basin (NW Spain). En *Water in Celtic Countries: Quantity, Quality and Climate Variability* (Eds. Ferreira, I. P. L. y Vieira, J. M. P.). IAHS Publ. 310.
- Rico Boquete, E. (1995). *Política forestal e repoboacións en Galicia (1941-1971)*. Servicio Publ. Universidade de Santiago, Santiago de Compostela.
- Rodriguez-Suarez, J. A., Soto, B., Pérez, R., Díaz-Fierros, F. (2010). Influence of *Eucalyptus globulus* plantation growth on water table levels and low flows in a small catchment. (1961) *Jour. Hydrology*, 396: 321-326
- Rodriguez-Suarez, J. A., Díaz-Fierros, F., Pérez, R., Soto, B. (2014). Assessing the influence of afforestation with *Eucalyptus globules* on hydrological response from a small catchment in northwestern Spain using the HBV hydrological model. *Hydrological Processes*. 28: 5561-5572.
- Scott, D. F., Prisoio, F. W., Moses, G., Mehloakulu, M. y Simmers, A. D. A. (2000). *A Re-analysis of the South African Catchments Afforestation Experimental Data*. WRC Rep. 810/1/00. CSIR Environmental. Stellenbosch (SA).
- Valente, F., David, J. S. y Gash, J. H. C. (1997). Modelling interception loss for two sparse eucalypt and pine forests in central Portugal using reformulated Rutter and Gash analytical models. *J. Hydrol*, 190: 141-162.
- Veiras, X., and Soto, M. A. (2011). *La conflictividad de las plantaciones de eucalipto en España (y Portugal)*. Greenpeace, Madrid.
- Zhang, L., Dawes, W. R., y Walker, G. R. (2001). Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale. *Water resources research*, 37(3), 701-708.