6º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

6CFE01-209

Montes: Servicios y desarrollo rural
10-14 junio 2013
Vitoria-Gasteiz

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Vitoria-Gasteiz, 10-14 junio de 2013
ISBN: 978-84-937964-9-5
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

SIEvaluación de depósitos de agua de liberación lenta (Waterboxx©) en el establecimiento de repoblaciones en áreas adversas de la Comunidad Valenciana

DEL CAMPO-GARCIA, A.D.[1], MERCE-AREVALO, G.[1], CEACERO-RUIZ C.J.[2] y NAVARRO-CERRILLO, R.M.[2]

[1] Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Re-ForeST. Universitat Politécnica de Valencia. Camí de Vera s/n 46022 Valencia. ancamga@dihma.upv.es
[2] Departamento de Ingeniería Forestal. ETSIAM. Universidad de Córdoba, Córdoba.

Resumen
El establecimiento de plantones en repoblaciones forestales es un punto crítico del proceso repoblador en condiciones mediterráneas. El Waterboxx© (WB) pertenece a una nueva familia de cuidados culturales que podría denominarse como "depósitos de agua de liberación lenta" y su uso viene avalado por resultados satisfactorios en otras regiones geográficas, aunque sin estudios científicos rigurosos. Su fundamento, el suministro regular de agua a la planta y la reducción de la evaporación de agua del suelo, permiten suponer una mejora significativa en los niveles de arraigo, si bien no hay estudios suficientes. Los objetivos del trabajo fueron evaluar el uso del WB en condiciones mediterráneas, y su efecto en el establecimiento de pino carrasco y encina. Para ello, se establecieron dos parcelas experimentales considerando los factores especie (encina/pino carrasco) y cuidado cultural (WB/control), y se hizo un seguimiento durante un año de la humedad del suelo, la supervivencia, el desarrollo y el funcionamiento hídrico del WB. Los resultados obtenidos indican una mejora del establecimiento de la encina (en las dos parcelas) y de pino (sólo una parcela), con supervivencia hasta un 30% superior. La adecuada instalación del WB garantiza un mejor funcionamiento en las condiciones ensayadas.

Palabras clave
Establecimiento, reforestaciones, calidad de estación, calidad de planta, cuidados culturales.

1. Introducción

El establecimiento de plantones en repoblaciones forestales es uno de los puntos críticos del proceso restaurador/repoblador en condiciones mediterráneas (VILLAR-SALVADOR et al., 2012). Para ayudar en este proceso, se han desarrollado en los últimos años distintos cuidados culturales que se han empleado operacionalmente en programas de restauración forestal (tubos protectores, hidrogeles, enmiendas orgánicas, microcuencas, etc.) (NAVARRO-CERRILLO et al., 2005, 2009; DEL CAMPO et al., 2006), a fin de ayudar a la planta a desarrollar un sistema radical más funcional en el periodo que va desde plantación hasta la aparición del estrés hídrico estival.

En zonas con elevada pedregosidad, suelo embolsado, relativa termicidad y precipitaciones irregulares, el éxito de la repoblación, medido en términos de supervivencia al final del primer año suele ser muy bajo (<50%) (ALLOZA, 2003, DEL CAMPO et al., 2007). El Waterboxx© (WB, Groasis©) se presenta como una técnica que viene avalada por unos

resultados experimentales satisfactorios en otras regiones geográficas distintas a la Comunidad Valenciana (www.groasis.com), si bien no existentes estudios contrastados.

Su fundamento, el suministro de agua a la planta mantenido en el tiempo y una reducción de la evaporación del agua del suelo, parece suficientemente robusto como para presumir una mejora significativa en los niveles de arraigo en repoblaciones forestales. En este sentido, se planteó un estudio para evaluar la posible respuesta al uso de WB en dos especies forestales con comportamiento ecofisiológico muy diferente frente al establecimiento, el pino carrasco y la encina, y comúnmente empleadas en programas de reforestación en la zona levantina,.

2. Objetivos

Según lo expuesto en la introducción, se planteó un estudio con los siguientes objetivos:

1. Evaluar el rendimiento de los operarios durante el establecimiento del WB, en las condiciones propias de la Comunidad Valenciana.
2. Evaluar el funcionamiento hídrico del WB a través de la evolución del contenido de humedad del suelo, y la duración del suministro de agua a la planta (nivel de agua en los depósitos).
3. Evaluar el efecto del WB en el establecimiento (supervivencia y crecimiento) de plantones forestales de pino carrasco y carrasca durante el primer año de repoblación en condiciones contrastadas de sitio (zona adversa y zona muy adversa).

3. Metodología

3.1 Descripción general de la zona de estudio

El ensayo tuvo lugar en el año 2011 en la Serra de la Ombría (T.M. Ontinyent, Valencia,), en dos parcelas ubicadas en los parajes Corral Pla de les Simes (38º46’24’’N y 0º42’31’’W) y La Soterraña (38º46’24’’N y 0º38’31’’W), a 680 y 690 m.s.n.m. respectivamente. El termotipo es mesomediterráneo y el ombrotipo seco (P anual 521 mm, de los cuales 65 mm son estivales; T media anual 13.9 ºC). La pendiente es inferior al 5 % en la parcela del Corral Pla de les Simes, y 15-30% en la parcela de La Soterraña. Los suelos son franco arcillo arenosos (USDA) con profundidad media de 19.3 cm (±4.9 cm) derivados de material calizo. La vegetación presente es matorral serial en la parcela del Corral Pla de les Simes con dominancia de *Rosmarinus officinalis, Ulex parviflorus, Quercus coccifera* y *Cistus albidus* y presencia de *Quercus ilex* y *Pinus halepensis.* En la parcela de La Soterraña, la vegetación leñosa es casi ausente debido a un incendio forestal ocurrido el verano de 2010. La parcela de La Soterraña (zona quemada-Q) se caracteriza por la ausencia de vegetación, pedregosidad muy elevada, suelo embolsado y afloramiento de la roca madre generalizado, y la parcela del Corral Pla de les Simes (zona no quemada-NQ) presenta mejores condiciones de estación, cubierta de matorral de talla de 1 m y presencia de regenerado de las dos especies objeto de estudio; lo que permite evaluar la posible respuesta diferencial al WB en dos condiciones contrastadas de sitio.

3.2 Diseño experimental y plantación

La plantación tuvo lugar a finales de febrero del año 2011 con plantas de una savia de edad de *Pinus halepensis* (16,4 cm de altura y 3,68 mm de diámetro, con un peso seco aéreo de 1,90 g y radical de 1,79 g) y *Quercus ilex* (17,9 cm, 7,76 mm, 2,59 g y 5,17 g

respectivamente). provenientes del vivero de La Hunde (Ayora, Valencia) y de procedencia de semilla local. No obstante, la calidad de la planta no fue homogénea, y en el caso de la parcela no quemada tenía unas dimensiones mayores que la de la zona no quemada.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar, de modo que fueran lo más homogéneos posible en cuanto a orientación, pendiente, tipo suelo, etc. En la parcela quemada se establecieron cuatro bloques con 64 plantas cada uno, 32 con WB y 32 testigos (256 plantas en total). En esta parcela se plantaron pino carrasco y encina en idéntica proporción. En la zona no quemada, se establecieron tres bloques con 86 plantas cada uno, 43 con WB y 43 testigos (258 plantas en total). En esta parcela se plantaron pino carrasco y encina en idéntica proporción, en mezcla íntima. En total se utilizaron 260 WB, 130 por parcela o sitio de ensayo.

El WB es una patente de GROASIS©, que consiste en una estructura plástica en forma de barreño con tapa, con un diámetro en su parte superior de 40 cm y una altura de 28 cm (Figura 1). Aunque el WB permite ubicar dos plantas por unidad, se empleó una única planta por hoyo de plantación. La distribución de las plantas (WB y testigos) fue simultánea pie a pie dentro del bloque, y fueron establecidas por los mismos plantadores, a lo largo de una misma jornada.

Figura 1. Detalle del Waterboxx © (tomado de Groasis.com) y aspecto tras plantación en la parcela no quemada (dcha).

3.3 Rendimientos de plantación

El rendimiento de la plantación hace referencia a los tiempos totales necesarios para efectuar la repoblación con y sin WB, no haciéndose referencia a los costes económicos. Estos tiempos son, de acuerdo a las distintas fases en que se divide el proceso: tiempos de montaje del WB, tiempos de reparto del WB sobre la superficie del terreno, tiempos de plantado con WB (que incluye tanto plantación como aporcado, pero que se considerará como una misma actividad a efectos de cálculo) y tiempos de riego o llenado del WB (se dan aparte). El montaje se hace normalmente a pie de pista. El WB se compone de un total de 9 piezas que se encajan incluyendo una mecha que queda entre la parte externa e interna del depósito (Fig. 1). En el reparto de los WB se considera su transporte desde pie de pista hasta el punto de posterior plantación (en nuestro caso siempre menos de 100 m).

Los rendimientos se han medido tanto individualmente para los testigos y el WB, como conjuntamente. La primera medida se realizó en el bloque II de la zona quemada (zona más

adversa donde más interés tiene constatar la eficiencia del método), sobre una muestra de 8 plantas plantadas con WB y 8 testigos, con dos operarios trabajando simultáneamente. Por otro lado, el cómputo conjunto de tiempos se realizó en los bloques III y IV (32 WB y 32 testigos cada uno) de la zona quemada y el bloque II de la zona no quemada (43WB y 43 testigos); igualmente el tiempo corresponde al de dos operarios. En este caso los rendimientos individualizados se deben extrapolar a partir de los datos del método anterior.

3.4 Funcionamiento hídrico del WB

El funcionamiento hídrico se estudió de dos formas: el seguimiento de la humedad del suelo y el seguimiento del nivel de agua en el depósito. La evolución del contenido de humedad del suelo en ambos tratamientos se realizó de forma puntual con un TDR de varillas (TDR, Spectrum, Field Scout 100, 12 cm de varillas), y de forma continua, usando 16 sondas de humedad del suelo tipo FDR (ECH2O conectadas a una Micro Station "HWS-Micro"), distribuidas equitativamente en hoyo con testigos y con WB colocadas a idéntica profundidad. Se recogieron datos cada 20 minutos y se promediaron a un valor medio diario. A partir de estos datos se obtuvo el incremento (positivo o negativo) en el contenido diario de agua del suelo (respecto del día anterior). Dado que las sondas no fueron calibradas, los datos de esta variable se normalizaron para una mejor representación de los datos. Se tomaron datos de precipitaciones y temperaturas de una estación aledaña (Fontanars).

El seguimiento del nivel de agua en el depósito es indicativo de la duración del suministro de agua a la planta y se ha realizado en una muestra representativa de WB en cada parcela y bloque en las distintas visitas realizadas a las parcelas. El procedimiento consistió en asegurar la horizontalidad del WB con un nivel, abrirlo por el tapón de relleno, introducir una regla y anotar la profundidad del agua en cm dada por la marca que ésta deja en la regla.

3.5 Supervivencia y crecimiento

El efecto del WB sobre el éxito de la repoblación se evaluó a través de la supervivencia y del crecimiento en altura y diámetro del tallo a 1 cm del suelo en cuatro fechas a lo largo del primer año de ensayo: tras la plantación, antes del periodo estival, al final del periodo estival y a savia parada (a afectos de recoger el periodo vegetativo otoñal). En cada control se anotó igualmente la supervivencia y el estado general de los plantones.

3.6 Tratamiento y manejo de los datos

Los datos han sido tratados con Microsoft Excel. El efecto de los tratamientos sobre el agua del suelo se ha analizado mediante un análisis de la varianza no paramétrico de Kruskal Wallis. Para contrastar las diferencias entre los dos tratamientos en el establecimiento se usó un análisis de la covarianza, ANCOVA, (siendo la variable dependiente el crecimiento en altura o diámetro o la supervivencia en porcentaje, la covariable la fecha de medición y el factor fijo el tratamiento y la parcela; el bloque no fue incluido en el análisis). Para efectuar este análisis se comprobó la homogeneidad de varianzas, de las pendientes de las rectas de regresión y la normalidad de los residuos (STEEL & TORRIE, 1988). Cuando no se cumplió alguna condición se buscaron las transformaciones oportunas y en caso no hallarse tal se indica en el texto. En general se ha trabajado con un nivel de significación del 0.05. Los procedimientos estadísticos mencionados se han llevado a cabo con el paquete estadístico SPSS v12.

4. Resultados

4.1 Rendimiento

Se presentan en la tabla 1 los rendimientos de plantación tanto para tiempos individualizados por fases (corresponden al bloque II de la zona quemada, con dos operarios para ocho WB y ocho testigos) como conjuntamente. La plantación es la suma de tres actividades, el ahoyado mediante azada, la plantación del brinzal y la instalación y aporcado del WB, de modo que quede bien sujeto sin posibilidad de dañar a la planta ni de ser desplazado por la acción del viento, lluvias, animales, etc. Los tiempos necesarios para la plantación de los testigos fueron muy pequeños en comparación con la plantación con WB, ya que la fase de plantación consta sólo de la plantación, siendo la fase de montaje inexistente y la de transporte no mensurable. Así, el WB supone un aumento del tiempo de plantación unas 4.5 veces mayor (superior al 85%) (sin considerar el riego).

Tabla 1. Resultados de los rendimientos de plantación del ensayo. Se presentan los resultados del rendimiento individualizado para WB y testigos (bloque II, parcela quemada y sobre una muestra de 8 unidades) y conjunto (bloques III y IV zona quemada con 32WB y 32testigos c.u. y bloque II parcela no quemada con 43WB y 43testigos). Todos los tiempos son para un equipo de dos operarios. tiempos calculados a partir del método individual: 82% para WB y 18 para testigo*

Método	Zona	Operarios	Unidades	Fase	Tiempo real	Tiempo teórico 1 unidad
Indiv	III-Q	2	8 WB	Montaje	7 min	52.5 s
Indiv	III-Q	2	8 WB	Reparto	3 min	22.5 s
Indiv	III-Q	2	8 WB	Plantado	19min+40s	2min+27.5s
Indiv	III-Q	2	8 WB	Total	29min+40s	3min+42s
Indiv	III-Q	2	8 testigos	Total	6min+33s	49s
Conjunto	III-Q	2	32WB+32t	Total	2h+45 min	4min+13s (WB)*
Conjunto	IV-Q	2	32WB+32t	Total	2h+58 min	4min+34s (WB)*
Conjunto	II-NQ	2	43WB+43t	Total	5h +15 min	6min (WB)*

Respecto a los tiempos de riego o llenado del WB, se realizó mediante el uso de un camión cuba; en la parcela quemada se tardó 40 minutos por bloque (32 WB por bloque) y en la parcela no quemada (bloque II con 43WB) se tardó 1h y 30 minutos.

4.2 Funcionamiento hídrico del WB

La medición del nivel de agua en los WB mostró que éste se mantuvo a lo largo del ensayo en valores próximos al máximo (13 cm) (Tabla 2). Esto significa que o bien la liberación de agua está dificultada por algún motivo o bien que las cajas se auto-llenan de manera muy efectiva a partir de los eventos de lluvia registrados en el periodo (Figura 3).

Tabla 2. Nivel de agua en cm registrado en los distintos momentos de control en los WB.

PARCELA	FECHA	N	Media	Desv. típ.
No quemada	13-Mar-2011	45	9.7	1.9
	27-Jun-2011	37	10.5	2.0
	13-Sep-2011	41	7.2	3.4
	05-Jan-2012	40	12.1	2.4
Quemada	13-Mar-2011	17	11.5	0.8
	27-Jun-2011	33	11.9	2.1
	13-Sep-2011	35	10.5	1.9
	05-Jan-2012	32	12.7	0.5

La humedad del suelo medida periódicamente mediante TDR ha mostrado diferencias significativas entre los testigos (3,2±3,9%) y el WB (6,6±6,2%), con el doble de agua disponible en el caso del WB. Sin embargo, los datos continuos no han mostrado diferencias significativas, aunque los incrementos medios diarios de la humedad del suelo de los testigos (0,02±01,9%) fueron mucho más bajos que el WB (0,07±1,1%). La figura 2 muestra los datos normalizados de dos sondas correspondientes a ambos tratamientos donde se observa que efectivamente las diferencias entre ellos se producen principalmente en los eventos de precipitación y no en el transcurso de la sequía estival, donde muestran un comportamiento paralelo (Figura 3).

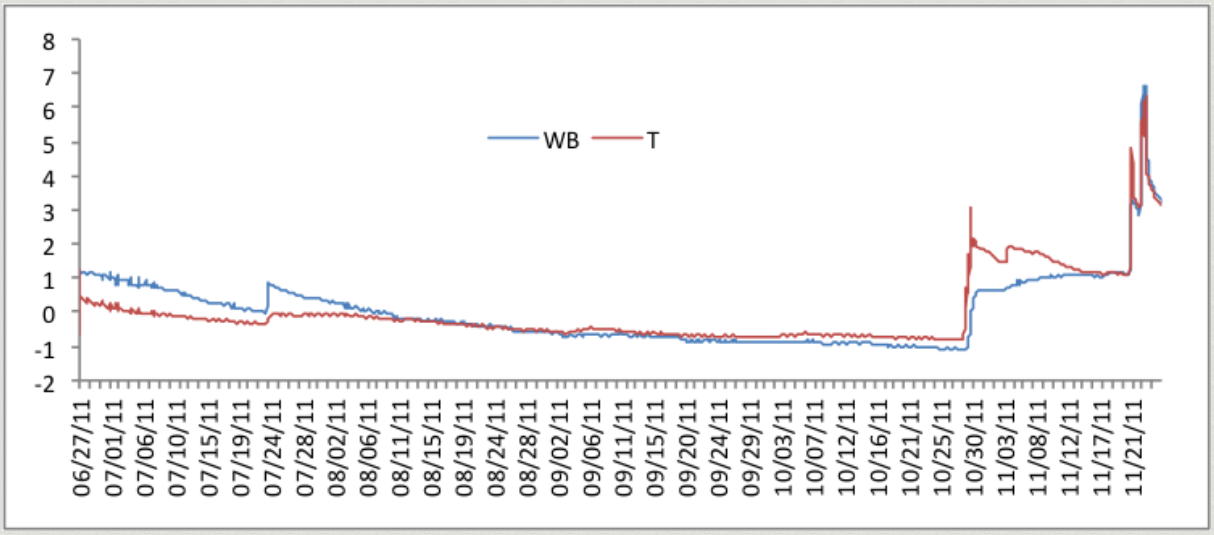

Figura 2. Datos normalizados del contenido de agua del suelo (sondas FDR) para WB y testigos durante el periodo estival y otoñal del año de estudio.

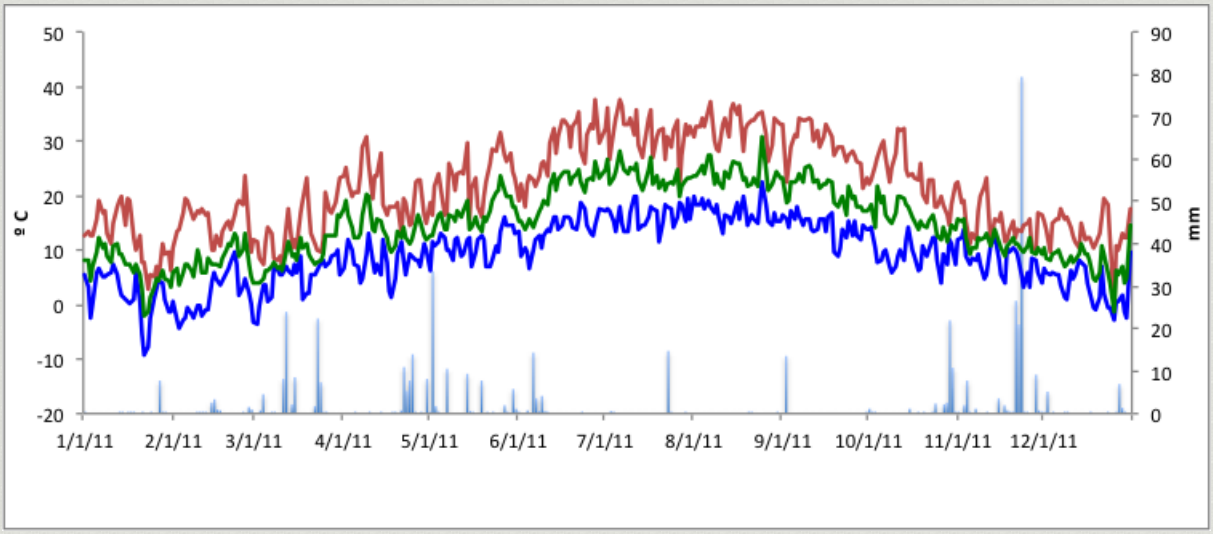

Figura 3. Información climatológica diaria correspondiente al año de estudio (temperaturas mínimas, medias u máximas y precipitaciones).

4.3 Supervivencia y crecimiento

El efecto del WB sobre la supervivencia y crecimiento fueron, en general positivos, aunque matizables (Tabla 3, Figura 4). En primer lugar, respecto a la supervivencia, se observa que el WB tuvo un efecto positivo para la encina en ambas parcelas, pero en el caso del pino carrasco solamente en la parcela quemada, con peores condiciones de estación. De

hecho, el Ancova no mostró diferencias significativas para esta variable en el pino respecto al factor tratamiento. También es destacable que las diferencias de estación entre ambas parcelas dio lugar a diferencias importantes de supervivencia que no son atenuadas mediante el uso de los WB. Este hecho no se produce en las dos variables de crecimiento, altura y diámetro, cuyos valores fueron mayores con el WB en las dos especies, independientemente de la localización o parcela considerada, si bien no aparecen diferencias significativas (respecto al tratamiento) en el crecimiento en diámetro en el pino carrasco. En ningún caso el Ancova detectó interacciones entre parcela y tratamiento (resultados no mostrados).

*Tabla 3. Resultados del análisis de la covarianza sobre las variables medidas para testar el efecto del WB sobre el establecimiento (supervivencia, altura y diámetro) en pino carrasco y encina carrasca según parcela (No Quemada y Quemada), tratamiento Waterboxx© (WB y testigo), bloque y fecha de medición. ***: p<0.001; **: p<0.01;*: p<0.05; n.s.: no significativo. [1]Varianzas no homogéneas*

Variable	Especie	Zona	Tratamiento	Fecha
Supervivencia	*Q.ilex*[1]	***	***	***
	P. halepensis	***	n.s.	***
Altura	*Q.ilex*	n.s	***	***
	P. halepensis	n.s	***	***
Diámetro	*Q.ilex*[1]	n.s	*	***
	P. halepensis	n.s.	n.s.	***

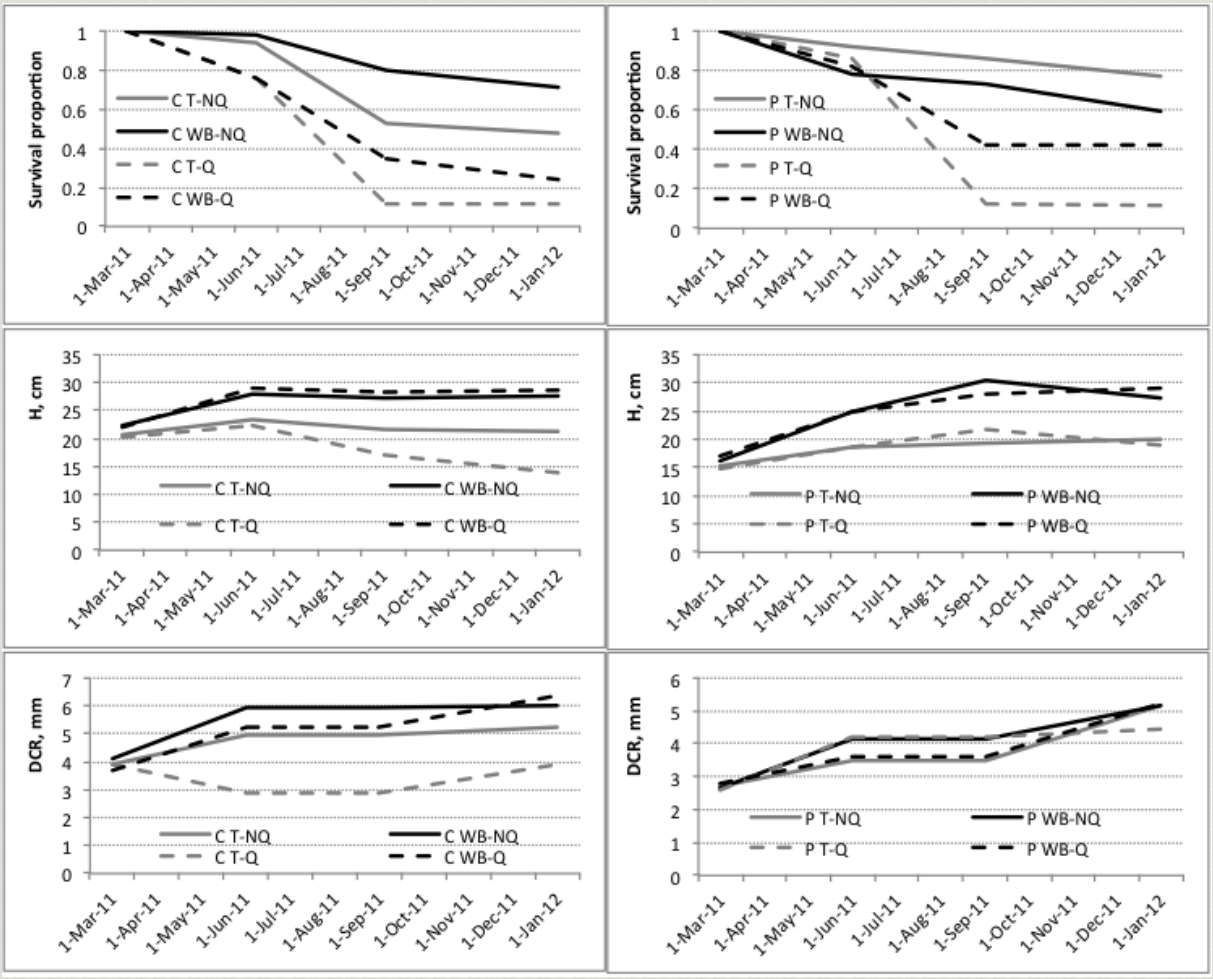

Figura 4. Evolución temporal de las distintas variables medidas para testar el efecto del WB sobre el establecimiento (supervivencia, arriba, altura, en medio y diámetro, abajo) de plantones de pino carrasco (P) y encina carrasca (C) en ambas parcelas No Quemada (NQ) y Quemada (Q). WB: Waterboxx©; T: testigos

5. Discusión

Los resultados obtenidos en este ensayo muestran una mejora moderada en la supervivencia y crecimiento en repoblación de encina y pino carrasco mediante el uso del WB, siendo la mejora más notoria para la encina. Una posible explicación de estos resultados radica en la diferente calidad que presentaban las partidas de pino carrasco destinadas a sendas parcelas. La planta usada en la parcela quemada tenía menor altura (aunque dentro de los límites normales), lo que provocó que la mayor parte del tallo quedara por debajo del nivel del WB, actuando éste como un protector bastante opaco y por tanto reduciendo la radiación para los plantones. Este hecho es especialmente problemático para el pino carrasco respecto a la encina, habiéndose probado la disminución del crecimiento radical y por tanto su tasa de arraigo (DEL CAMPO et al., 2008; PUÉRTOLAS et al., 2010;). De hecho, las plantas con mayores dimensiones y con plena disponibilidad de luz solar mostraron mayor supervivencia con WB en la parcela quemada. En ambientes mediterráneos la asignación de recursos hacia el sistema radical es un factor esencial que determina la supervivencia de una especie (LLORET *et al.* 1999).

Aparte de esta consideración, es evidente que la mejora en el establecimiento con WB está lejos de ser espectacular en las adversas condiciones del monte valenciano. Máxime si se tiene en cuenta las contraprestaciones de coste y rendimiento de plantación que supone el empleo de este sistema. A raíz de los datos obtenidos, parece deducirse que el sistema no libera agua con la suficiente celeridad como para crear unas condiciones de humedad del suelo claramente favorables. Los elevados volúmenes de agua almacenados al final del periodo estival son una prueba de ello (mayores del 50% de la capacidad). Es, por tanto, recomendable introducir ciertas mejoras en el sistema para que el agua sea liberada en cantidad y frecuencia adecuada cómo para atenuar el efecto de la sequía estival.
Debe considerarse, por otro lado, que unos operarios especializados en este tipo de repoblaciones ofrecerían tiempos totales inferiores y mayores rendimientos. Además, debe tenerse en cuenta que la ejecución de una repoblación con WB tendrá unos tiempos diferentes en terrenos mas benignos, como podrán ser zonas con matorral bajo, bancales profundos, etc. Existe un apero específico para realizar el ahoyado de acuerdo a las dimensiones del WB, siempre y cuando la pedregosidad no lo impida (tal y como fue el caso en este estudio)

6. Conclusiones

Los resultados obtenidos demuestran que la mejora conseguida mediante el uso del WB puede no compensar las contraprestaciones económicas y de rendimiento de su empleo. Si bien es cierto que mejora la supervivencia, es preciso revisar el diseño del mismo de modo que la liberación de agua permita un mayor y más efectivo aporte de agua al suelo, en detrimento del tiempo de suministro. Éste debería estar más orientado a acortar la duración de la sequía que a mantener constantemente el suministro de agua con caudales insuficientes. Queda pendiente para sucesivos estudios evaluar la capacidad de autollenado (rocío, lluvia, pérdidas por evaporación, etc.) del sistema de modo que no sea preciso el riego de establecimiento que se ha realizado en este trabajo.

7. Agradecimientos

Este trabajo es fruto del interés mutuo de varias partes: la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) que definió el estudio y coordinó y realizó su seguimiento, GROASIS (Sven

Kallen) que cedió los WB, Ajuntament de Ontinyent (Deva Sanz) que apoyó en la coordinación y aportó los medios de plantación, Vaersa (David Cayuela) que apoyó en la coordinación y apoyo logístico y la Consellería de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda (CMAAUV) de la Generalitat Valenciana (Javier Hermoso de Mena y José Antonio Rueda) que apoyó en la coordinación y cedió el material vegetal. Los autores desean agradecer muy especialmente a José María Bueno su interés en el impulso y coordinación general de este estudio, que fue posible sin dotación económica específica alguna.

8. Bibliografía

ALLOZA, J.A; 2003 Análisis de repoblaciones forestales en la Comunidad Valenciana. Desarrollo de criterios y procedimientos de evaluación. (Tesis doctoral) Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.

DEL CAMPO, A.D.; AGUILELLA, A.; GONZÁLEZ, E; NAVARRO, R.M; 2006. Effect of tree shelter design on water condensation and run-off and its potential benefit for reforestation establishment in semiarid climates. *Forest Ecology and Management*, 235: 107-115.

DEL CAMPO, A.D.; NAVARRO, R.M.; HERMOSO, J.; IBÁÑEZ, A.J.; 2007. Relationships between site and stock quality in Pinus halepensis Mill. reforestations on semiarid landscapes in eastern Spain. *Annals of Forest Science*, 64-7: 719-731.

DEL CAMPO, A.D.; NAVARRO, R.M.; AGUILELLA, A; FLORS VILLAVERDE, J.; 2008. Influencia microclimática del diseño del tubo protector y respuesta de diez especies forestales al tubo ventilado. *Cuadernos de la SECF*, 28: 81-87.

LLORET, F.; CASANOVAS, C.; PEÑUELAS, J.; 1999. Seedling survival of Mediterranean shrubland species in relation to root: shoot ratio, seed size and water and nitrogen use. *Functional Ecology*, 13:210-216.

NAVARRO CERRILLO, R.M.; FRAGUEIRO, B.; CEACERO, C.; DEL CAMPO, A.; DE PRADO, R.; 2005. Establishment of *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp. using different weed control strategies in Southern Spain. *Ecological Engineering*, 25: 332-342.

NAVARRO-CERRILLO, R. M.; ARIZA, D.; GONZÁLEZ, L.; DEL CAMPO, A.; ARJONA, M.; CEACERO, C.; 2009. Legume living mulch for afforestation in agricultural land in Southern Spain. *Soil & Tillage Research* (ISSN 0167-1987), 102: 38-44.

PUÉRTOLAS, J.; OLIET, J.A.; JACOBS, D.F.; BENITO, L.F.; PEÑUELAS, J.L.; 2010. Is light the key factor for success of tube shelters in forest restoration plantings under Mediterranean climates? *Forest Ecology and Management*, 260 (5): 610–617.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H.; 1988. Principles and procedures of statistics. A biometrial approach, 2nd ed., McGraw Hill, New York, 622 p.

VILLAR-SALVADOR, P.; PUÉRTOLAS, J.; CUESTA, B.; PEÑUELAS, J.L.; USCOLA, M.; HEREDIA-GUERRERO, N.; REY BENAYAS, J.M.; 2012. Increase in size and nitrogen concentration enhances seedling survival in Mediterranean plantations. Insights from an ecophysiological conceptual model of plant survival. *New Forests*, 43: 755-770.