



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-291

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

¿Debemos emplear tubos invernadero o mallas cuando plantemos en ambientes semiáridos?

BLASCO BRIONES, R.¹, OLIET PALÁ, J.A.¹ Y COLOMINA PÉREZ, D²

¹ Departamento de Sistemas y Recursos Naturales, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural. Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria s/n, 24040, Madrid. *Correo electrónico: juan.oliet@upm.es

² Programa Bosques de WWF España. Gran Vía de San Francisco, 8-D. 28005 Madrid

Resumen

La respuesta de las plantaciones a los tubos invernadero ha sido estudiada con cierta profusión en ámbitos mediterráneos, existiendo ya literatura que aporta claves para su manejo. Sin embargo, sobre el efecto de las mallas existe menos evidencia empírica, a pesar de que se emplean en repoblaciones tan frecuentemente como aquéllos. En este trabajo se evalúa la respuesta comparada de dos especies mediterráneas (*Rhamnus lycioides* y *Quercus coccifera*) al empleo de los dos protectores bajo un gradiente cruzado de transmisividad PAR (40-60-80%) en ambiente semiárido. La supervivencia al año de plantación fue superior en tubos que en malla, aunque la diferencia dependió de la especie y la transmisividad: en *R. lycioides*, la supervivencia fue un tan alta como un 40 % mayor, mientras que en coscoja las diferencias se redujeron al 12 %. La supervivencia en tubo no varió con la transmisividad, mientras que en malla la transmisividad del 80 % de PAR redujo la supervivencia en un 26%. Las mediciones de eficiencia fotoquímica indican mayor (aunque moderado) estrés sobre el fotosistema II de las plantas en tubo, si bien las de potencial hídrico al alba reflejan menor estrés hídrico. Los resultados evidencian para este ambiente la superioridad de los tubos sobre las mallas.

Palabras clave

Repoblaciones, tubos protectores, mallas protectoras, restauración

1. Introducción

En ecosistemas mediterráneos, la restauración forestal se ve a menudo comprometida por las condiciones durante el establecimiento, como la escasa e impredecible precipitación y las altas temperaturas, acompañadas de una excesiva radiación. Otro factor a tener en cuenta es la depredación por parte de herbívoros. En este sentido, una de las prácticas más empleadas en los programas de forestación en clima mediterráneo es el uso de tubos protectores (DEL CAMPO et al., 2006, OLIET et al., 2003). Diferentes trabajos realizados en condiciones de climas templados han demostrado que en el ambiente del interior del tubo se incrementa la humedad relativa y se reduce la tasa de transpiración y asimilación de las plantas (DUPRAZ & BERGEZ, 1997) alterándose los patrones de distribución de biomasa (SHARPE et al., 1999; SHAREW et al., 2005). Estudios previos bajo condiciones mediterráneas han encontrado que en el interior del tubo la temperatura y el déficit de presión de vapor del aire es mayor que fuera del tubo (BELLOT et al., 2002; OLIET & JACOBS, 2007; CLOSE et al., 2009). Algunos ensayos llevados a cabo en condiciones de campo han demostrado que el uso de protectores mejora la supervivencia en medios mediterráneos (NAVARRO-CERRILLO et al., 1998; OLIET et al. 2015) mientras que otros detectaron tanto efectos positivos como negativos (OLIET et al., 2003; JIMENEZ et al., 2005). Por su parte, las mallas protectoras se emplean con mucha frecuencia en las repoblaciones forestales, en gran medida por una cuestión de economía (su precio es alrededor de un 30 % del de los tubos), pero también bajo la idea de que las mallas además de proteger a la planta de la herbívora, producen un efecto de sombreado que mejoraría las condiciones del plantón. Existen sin embargo comparativamente menos estudios sobre mallas, y son más escasos aún los que analizan la respuesta del repoblado a ambos tipos simultáneamente (NAVARRO et al, 2003; PUÉRTOLAS et al., 2010; PADILLA et al., 2011).

Por tanto, todavía no se conocen en profundidad los efectos del tipo de protector sobre el éxito del establecimiento de nuestras especies mediterráneas, por lo que una mayor información permitiría realizar diseños específicos así como definir qué materiales optimizan tanto la supervivencia como el desarrollo de la planta bajo estas condiciones ambientales. El estudio se centra en el análisis de dos materiales diferentes, tubo de plástico rígido y malla, con un gradiente de transmisividades igual para cada uno de los materiales, en condiciones naturales de campo, y con dos especies diferentes típicas del ambiente mediterráneo.

2. Objetivos

Los principales objetivos del estudio son analizar la respuesta del repoblado a las condiciones ambientales generadas dentro de cada uno de los sistemas de protección (malla versus tubo invernadero) y profundizar así en los mecanismos que intervienen en la supervivencia postrasplante en cada caso. De esta manera aumentaremos el conocimiento para elegir el material que optimice la respuesta postrasplante en este ambiente marcado por una fuerte sequía estival. Al emplear diferentes transmisividades con los dos materiales podremos conocer más sobre dichos mecanismos, así como qué cantidad de radiación incidente es la óptima para estas especies bajo las condiciones del experimento.

Al mismo tiempo se intentará confirmar una serie de hipótesis como son:

1. La menor temperatura en el interior de la malla debido a mayor ventilación que tiene en comparación con el tubo, es beneficiosa incrementará la supervivencia.
2. La mayor transmisividad de luz favorecerá un mayor desarrollo de la planta, principalmente en su parte radical, desarrollando bajo estas transmisividades más raíces nuevas que exploren mayor volumen de suelo.
3. Con transmisividades menores se producirá cierto desequilibrio entre la parte aérea y la parte radical, alcanzándose mayores alturas en estas plantas buscando la luz fuera del protector.

3. Metodología

La parcela de ensayo se situó en el término municipal de Tembleque, provincia de Toledo (39°39' N; 3°28' W; 675 m s.n.m.). El clima en la zona se caracteriza por una precipitación media anual de 418 mm, y una temperatura media de 14,2° C, siendo la media de las temperaturas máximas de los meses de verano superiores a los 30° C, pero a la vez con inviernos fríos. El suelo presenta una textura franca, con pH claramente básico en todo el perfil.

Se llevó a cabo un diseño de experimento factorial 2 x 2 x 3, con dos especies diferentes, *Quercus coccifera* L. (coscoja) y *Rhamnus lycioides* L. (espino negro), dos tipos de protectores distintos como son el tipo malla (M) y el tubo invernadero de paredes rígidas (T), con 3 niveles distintos de transmisividad para cada uno de los materiales, 40, 60 y 80 % de transmisividad de radiación fotosintéticamente activa (PAR).

Para el ensayo se plantaron un total de 600 plantas, 50 por cada especie y tratamiento, colocando de forma alternativa las dos especies, y colocando un juego de 6 tratamientos seguidos al azar dentro de cada fila. La plantación se realizó el 11 de enero de 2014, siendo las plantas de una savia, y cultivadas en vivero de una región de procedencia compatible con la zona del ensayo.

Los tubos han sido diseñados por el equipo investigador a partir de material plástico (EBA) aportado por Repsol Química. Las paredes de los tubos son de una capa, 60 cm de altura y 10 cm de diámetro, con 4 agujeros de ventilación enfrentados 2 a 2, de 2,5 cm de diámetro y situados a 20 y 40 cm de altura. Las mallas empleadas fueron escogidas entre distintas opciones comerciales, siendo finalmente las elegidas aquellas que cumplían con los requisitos de transmisividad buscados. Todas las mallas tenían una altura de 60 cm. Cada uno de los

protectores fue colocado empleando 2 tutores de plástico rígido, para garantizar la verticalidad del protector.

Las mediciones fisiológicas (Potencial Hídrico y Fluorescencia) se llevaron a cabo en dos ocasiones, en los meses de junio y julio de 2014, durante dos días consecutivos. Estas mediciones se llevaron a cabo sobre 5 plantas de cada especie y tratamiento (60 plantas en total). El potencial hídrico se midió tras la recogida de ramillos nuevos al alba, mediante el empleo de una cámara de presión (Cámara de Scholander). Las mediciones de fluorescencia se llevaron a cabo sobre las mismas seleccionadas para el potencial hídrico. Para la medición de los parámetros relacionados con la fluorescencia se empleó un fluorímetro portátil. Se llevó a cabo la medición de distintos parámetros, el primero de ellos F_v/F_m (Fluorescencia variable/Fluorescencia máxima) se midió al alba y al mediodía solar, pre-adaptando a la oscuridad las hojas 30 minutos antes de realizar la medición. También se avaluó mediante el mismo fluorímetro la tasa de transporte de electrones (ETR), pero en este caso la medición se realizó a las 10:30 horas cada uno de los días.

La evaluación de la supervivencia se realizó en 4 ocasiones, dos antes de la llegada de el estrés estival (junio y julio de 2014), y otras dos una vez superado el primer verano (octubre 2014 y febrero 2015). Se realizaron mediciones de diámetro basal, altura y esbeltez en dos ocasiones, la primera de ellas en el momento de la plantación y la segunda en octubre de 2014. También se evaluó la biomasa, tanto de la parte aérea como de la radical, también sobre 5 plantas de cada especie y tratamiento, obteniéndose en laboratorio el área foliar, la relación entre el peso seco de la parte aérea y la parte radical, y la longitud radical específica (relación entre la longitud de raíces nuevas y el peso seco de las mismas).

Todas las variables fueron analizadas mediante un análisis de varianza (ANOVA) factorial, siendo los factores la especie, el tipo de tubo protector y la transmisividad. Los análisis a posteriori se realizaron mediante el test HSD de Tukey. Algunas variables no cumplían con las condiciones previas para poder ser estudiadas mediante ANOVA (pese a ser transformados los datos con distintas funciones), por lo que fueron estudiadas mediante el test de Mann-Whitney, cuando los factores eran de 2 categorías (especie y tipo de tubo protector), y mediante el test de Kruskal-Wallis, cuando el factor tenía 3 categorías (transmisividad). En caso de existir diferencias significativas, también se aplicó el test HSD de Tukey. Para analizar los datos de la supervivencia se aplicó un modelo lineal generalizado, evaluando cada uno de los factores en función de las plantas vivas, empleando una distribución binomial y como función de enlace la función logit. En caso de existir diferencias significativas para factores o interacciones con más de 3 categorías se aplicó el test de Bonferroni. En todos los casos se consideró que existían diferencias significativas cuando el grado de significación era menor que 0,05 ($p < 0,05$).

4. Resultados

Mediciones fisiológicas

Para las mediciones del potencial hídrico al amanecer sólo apareció significación estadística para el tipo de protector tanto en la medición de junio ($p=0,001$) como en la efectuada en julio ($p=0,005$), presentándose en ambas mediciones potenciales hídricos más negativos en las mallas que en los tubos rígidos (Figura 1).

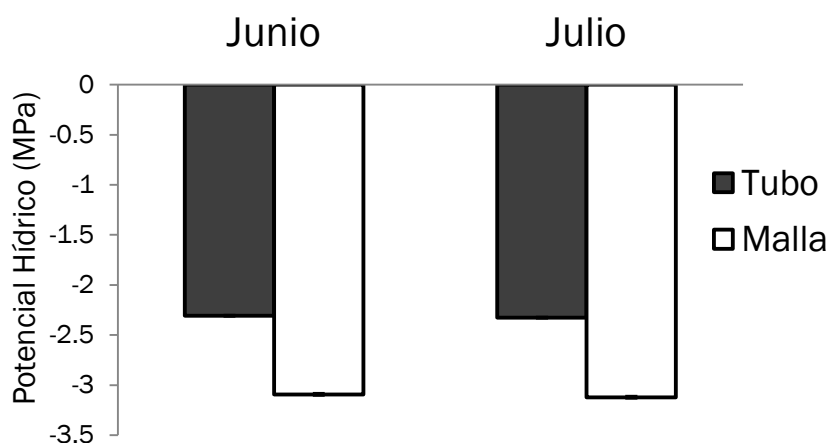


Figura 1. Mediciones del potencial hídrico al amanecer en los meses de junio y julio (\pm EE) en función del tipo de protector.

En las mediciones de F_v/F_m al alba se vio como el factor especie presentó significación en ambos meses ($p < 0,001$), mientras que el tipo de protector presentó significación tan sólo en el mes de julio ($p = 0,003$). Sin embargo, en las mediciones de F_v/F_m realizadas al mediodía el factor tipo de protector presentó significación estadística tanto en el mes de junio ($p = 0,029$), cómo en el mes de julio ($p = 0,001$), siendo en ambos meses mayor el valor de F_v/F_m bajo los protectores tipo malla (Figura 2), mientras que la especie sólo fue significativa ($p = 0,013$) en la medición de junio.

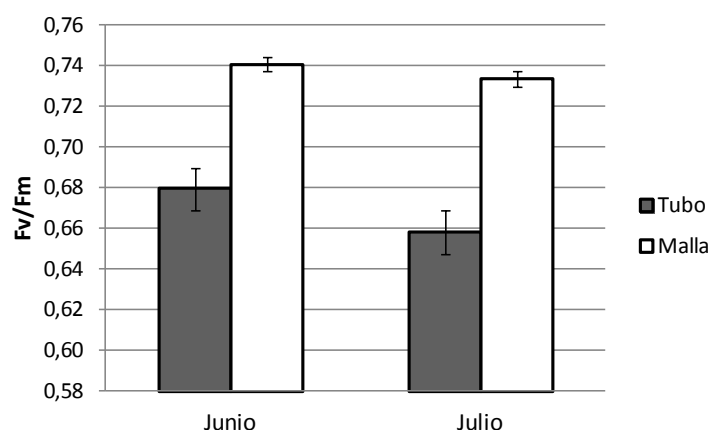


Figura 2. Mediciones de F_v/F_m en los meses de junio y julio al mediodía (\pm EE) en función del tipo de protector.

Para el parámetro ETR apareció significación estadística para el factor especie y para el factor transmisividad ($p < 0,001$) en el mes de junio, presentándose mayor valores mayores según aumentaba la transmisividad. En el mes de julio esta significación con el factor transmisividad desapareció.

Supervivencia

En las mediciones pre-estivales, en la primera de ellas realizada en el mes de junio apareció significación estadística para las interacciones entre el tipo de protector y la transmisividad ($p = 0,001$). También fue significativa ($p = 0,011$) para la interacción de la especie con el tipo de protector, siendo la supervivencia del espino negro bajo malla inferior al resto. En el mes de julio tan sólo apareció significación para la interacción del factor especie con el tipo de protector ($p = 0,001$), sin grandes diferencias respecto al mes anterior.

En las mediciones post-estivales, la primera de ellas realizada en el mes de octubre, apareció significación estadística para todos los factores por separado, siendo las diferencias más significativas para el tipo de protector, donde la supervivencia bajo malla tan sólo alcanzaba el 54% mientras que para el tubo de plástico rígido se situaba en el 75% del total de las plantas colocadas inicialmente en la parcela de ensayo. Apareció también significación estadística para las interacciones tipo de protector con especie ($p=0,001$), repitiéndose el patrón de las mediciones de julio. En la medición realizada en el mes de febrero de 2015, apareció significación estadística para los factores tipo de protector ($p<0,001$), y transmisividad ($p=0,002$), así como para las interacciones de la especie con el tipo de protector ($p<0,001$) y para el tipo de protector con la transmisividad ($p=0,022$). Para esta última interacción, se puede apreciar (Figura 3) cómo la malla con el 80% de transmisividad queda claramente descolgada del resto de tratamientos, así como el mayor porcentaje de plantas vivas bajo la protección de tubos rígidos en todas las transmisividades en comparación con las protegidas por malla. Es interesante también la interacción encontrada entre especie y tipo de protector: en espinos se produce la mayor diferencia entre tubos rígidos y mallas, siendo la supervivencia un 40% mayor en los tubos, mientras que en la coscoja esta diferencia no es significativa (Figura 3).

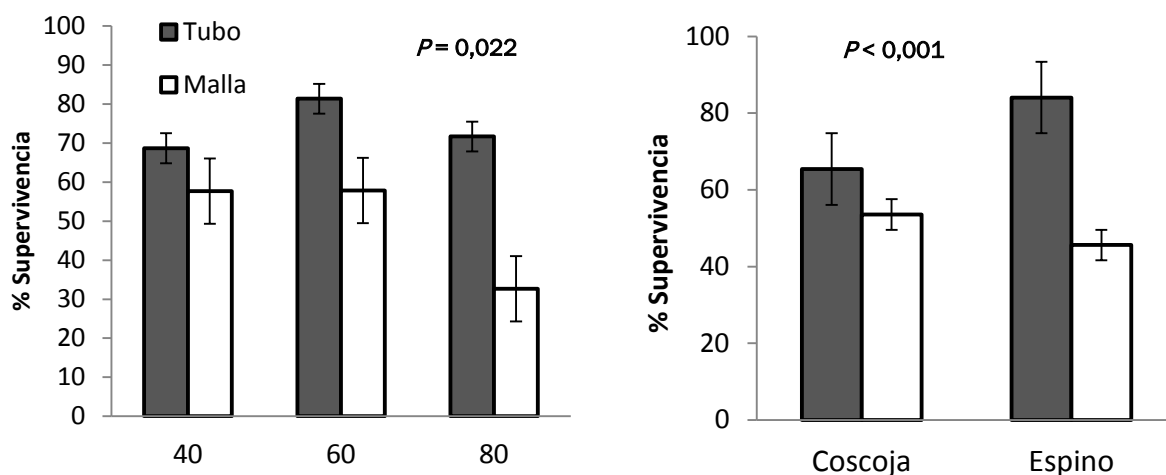


Figura 3. Porcentajes de supervivencia recogidos en el mes de febrero de 2015 ($\pm EE$) para la interacción entre el tipo de protector y la transmisividad (izquierda) y entre la especie y el tipo de protector (derecha). La significación del test de ANOVA de la interacción correspondiente se incluye en la figura

En cuanto a la significación estadística para la interacción entre el tipo de protector y la transmisividad, la menor supervivencia se da para las mallas con un 80% de transmisividad, que tan sólo alcanza valores de supervivencia del 32,7 %. En cuanto a los tubos, tienen mayores supervivencias que las mallas en todas las transmisividades, y aunque en los tubos con el 60% de transmisividad la supervivencia es algo mayor que en el resto las diferencias no son significativas.

Altura, diámetro basal y esbeltez

En la altura apareció significación estadística para todos los factores por separado, presentándose mayores alturas en plantas protegidas por los tubos rígidos en ambas especies. Según la transmisividad aparecieron diferencias significativas entre la el 80% de la transmisividad PAR y el resto de transmisividades. Para el diámetro basal se encontró significación estadística para el factor especie ($p=0,03$) y tipo de protector ($p<0,001$), siendo para este último, mayores los diámetros medidos en las plantas protegidas con tubo rígido. En el estudio de la esbeltez la significación estadística se encontró de nuevo para la especie ($p<0,001$) y para la transmisividad ($p<0,001$), apareciendo las plantas menos esbeltas para el 80% de la transmisividad PAR.

Morfología y Biomasa

Del análisis de la biomasa total se pudo extraer que existía significación estadística para el factor especie ($p < 0,001$) y para el tipo de protector ($p = 0,009$), siendo las especies protegidas con tubos las que mayor biomasa total presentaban. En el estudio de la relación de la parte aérea y la parte radical solo se encontró significación para el factor especie ($p < 0,001$), siendo la coscoja la que presentó mayores valores. De los datos de la superficie foliar, apareció significación tanto para el factor especie ($p = 0,001$) como para el tipo de protector ($p < 0,001$), teniendo las plantas protegidas por tubo prácticamente un 50% más de área foliar que las protegidas con malla. Para la variable longitud radical específica (LRE) tan sólo aparecieron diferencias significativas para el factor especie ($p < 0,001$). En el análisis de la biomasa de las raíces nuevas fue el factor tipo de protector el único que presentó significación estadística ($p = 0,007$), siendo mayor la biomasa de estas raíces nuevas en las plantas protegidas con tubos rígidos.

Analizando la longitud de las raíces nuevas, se halló significación para el factor especie ($p = 0,016$) y para la interacción entre la especie y el tipo de protector ($p = 0,037$), siendo la coscoja protegida con malla la que menor longitud de estas raíces presentaba respecto al resto de combinaciones. Globalmente, la coscoja desarrolló menos raíces nuevas que el espino negro, siendo esto especialmente verdadero para las coscojas en malla, que desarrollaron tan sólo un 50 % de las raíces nuevas en tubo.

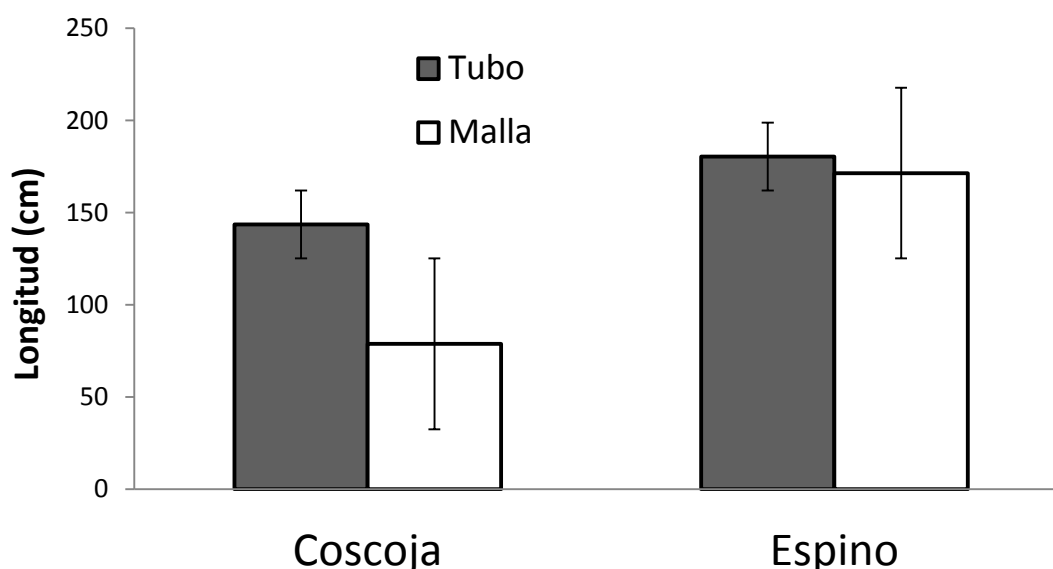


Figura 4. Medidas de la longitud de las raíces nuevas, medidas en febrero ($\pm EE$), para la interacción entre la especie y el tipo de protector.

5. Discusión

Respuestas fisiológicas

Los resultados que de potencial hídrico y fluorescencia indican un mayor nivel de estrés hídrico para las plantas en malla, pero un mayor deterioro de la maquinaria fotosintética para las plantas en tubo. Trataremos de analizar las razones que explican esta aparente contradicción. El factor transmisividad no presentó significación estadística en ninguna de las mediciones fisiológicas efectuadas, mientras que el factor especie sí que apareció tanto en F_v/F_m , al amanecer y medio día, como en la edición de ETR, presentándose en todas ellas un menor estrés en los espinos.

Por un lado, las diferencias encontradas en las mediciones del potencial hídrico (Figura 1) dejan ver que las plantas protegidas con malla están hídricamente más estresadas que las

protegidas con tubo rígido. Este hecho llama la atención, ya que estos resultados contradicen en parte a los de trabajos anteriores (OLIET & JACOB, 2007; CLOSE et al, 2009) que habían demostrado cómo los tubos rígidos generaban un ambiente desfavorable en términos de demanda evaporativa por la mayor temperatura en su interior. La probable causa de que las plantas que se desarrollan bajo mallas estén más estresadas hídricamente puede ser el viento, que al circular libremente a través de la luz de la malla haga que la demanda evaporativa aumente en la superficie de las hojas, lo que haga aumentar esta demanda por encima de la demanda que se genera en el interior de los tubos (OLIET et al., 2003). Este aumento de la evapotranspiración que se produce en las mallas es consecuencia de la reducción del espesor de la capa límite que se genera por la circulación del viento. Varios autores han comprobando que al aumentar la velocidad del viento el espesor de esta capa límite es menor, y se produce un incremento notable de la transpiración (KJELGREN, 1994).

Por otro lado, los resultados de F_v/F_m medidos tanto al alba como al mediodía indican que las plantas dentro de mallas están en general menos estresadas (al menos en su maquinaria fotosintética) que las plantas protegidas con tubos rígidos. En cualquier caso los valores de F_v/F_m al alba se sitúan en torno a 0,8, estando dentro del rango que muestra que las plantas están sanas y poco estresadas (BJÖRKMAN & DEMMIG, 1987). En las mediciones de F_v/F_m realizadas al mediodía, las plantas protegidas por tubos presentaron valores bastante por debajo de 0,8 por lo que a esas horas presentan un estrés acusado. Las diferencias encontradas entre el tubo y la malla se deben probablemente a que la temperatura que se alcanza en el interior de los tubos en verano es mucho mayor que en las mallas (OLIET et al., 2015), lo que provoca una reducción de la eficiencia fotoquímica por estrés térmico (METHY et al., 1997). Estos resultados coinciden con los obtenidos en otros trabajos (CLOSE et al., 2009). Esto confirma, en un sentido similar al observado en OLIET et al. (2015) para encina, que la fotoinhibición observada en julio es fundamentalmente consecuencia de mecanismos de fotoprotección, y que la mortalidad está ligada más probablemente al estrés hídrico.

Los resultados de ETR mostraron significación con el factor transmisividad, siguiendo un patrón directamente proporcional a esta, mientras que esta significación desapareció para el mes de julio, lo que indica que el aparato fotosintético comienza a estar deteriorado debido al estrés, provocando el cierre estomático y por tanto un decrecimiento de ETR (FLEXAS et al., 2012).

Supervivencia

En la primera de estas mediciones de supervivencia pre-estivales, realizada en el mes de junio, no se manifestaron grandes diferencias entre los distintos tratamientos. En la medición realizada en julio ya comienzan a manifestarse diferencias significativas. Apareció en este mes significación para la interacción entre la especie y el tipo de protector, originada porque el espiño negro en malla fue la especie con peor supervivencia, mientras que en tubo ocurrió lo contrario. El descenso en la supervivencia ya en este periodo pre-estival puede hacer pensar que la planta no ha desarrollado aún raíces suficientes, en estos momentos, para hacer frente a la demanda de transpiración a la que está sometida en estos protectores tipo malla, donde al aumento de temperatura propio de esta época del año se le añade el efecto desecante del viento, que parece ser el factor fundamental, ya que las temperaturas alcanzadas en el interior de los tubos son más elevadas y sus plantas no mueren (BERGEZ & DUPRAZ, 1997).

La supervivencia postestival, medida en otoño y en invierno, mantuvo un patrón similar en ambas mediciones. En cuanto a la transmisividad, la supervivencia bajo la transmisividad del 80% ha sido más baja que en el resto de tratamientos, mientras que la mayor supervivencia se ha encontrado en la transmisividad del 60%. Con estos resultados queda patente cómo las plantas responden positivamente frente a un porcentaje de sombreado, el cual no puede ser demasiado elevado ya que la respuesta positiva desaparece. El incremento de la temperatura

para la transmisividad del 80% en tubos rígidos (VÁZQUEZ DE CASTRO et al., 2014) podría estar incidiendo negativamente en la supervivencia. Con excepción de la malla del 80%, en el resto de transmisividades no aparecen diferencias significativas, por lo que se puede pensar que dentro de los rangos ensayados, la transmisividad de luz no es el factor crítico en la supervivencia de estas especies.

Estos resultados en los que el tubo ofrece una mejor supervivencia que la malla se obtuvieron en algunos experimentos realizados anteriormente (SHARROW, 2001). La coscoja fue estudiada en trabajos anteriores, comparando la respuesta en tubos con la respuesta en mallas, obteniéndose también que la supervivencia en los tubos era superior a la alcanzada por las mallas (PADILLA et al., 2011). Otros autores que analizaron la diferencia entre el tubo rígido y la malla concluyeron que no se encontraban diferencias significativas entre ambos tratamientos (ANDREWS et al., 2010; DEVINE & HARRINGTON, 2008; SHAREW & STRANG, 2005). También CLOSE et al. (2009) encontraron que la mortalidad se reducía significativamente en plantas protegidas por mallas respecto a las que los estaban bajo tubos. Pero con el experimento que nos ocupa, y para las especies estudiadas esto no ocurre así, ya que claramente la supervivencia bajo los tubos es significativamente mayor que en las mallas. El incremento del potencial hídrico para las plantas en tubo podría deberse a una menor demanda evaporativa provocada por el aire en el interior, cuya circulación estaba limitada por las paredes rígidas de este protector. Esto al final es lo que podría estar relacionado con una mayor supervivencia para estas especies.

Altura, diámetro y esbeltez

En cuanto al tipo de protector, la altura que han alcanzado las plantas protegidas con tubos rígidos es significativamente superior a la alcanzada por las protegidas con malla (un 15% menor en las mallas). Estos resultados son contrarios a los obtenidos en otros estudios donde las plantas protegidas bajo mallas alcanzan las mayores alturas (CLOSE et al., 2009; DEVINE & HARRINGTON, 2008).

Se puede afirmar con los resultados obtenidos que el sombreado que generan los protectores estimula el crecimiento en altura independientemente del tipo de material que se emplea para construir el protector. Son varios los autores que han llegado a estos mismos resultados en sus trabajos (GÓMEZ-APARICIO et al., 2006; OLIET & JACOBS, 2007). La respuesta significativa más interesante que se encontró en las mediciones del diámetro basal fue para la interacción que se produce entre la transmisividad y el tipo de protector. Llama la atención que el menor desarrollo diametral se produzca en las mallas de 80 de transmisividad PAR (un 25% menos que en tubos de 80), lo que puede atribuirse a una mayor incidencia del estrés hídrico y lumínico bajo esta transmisividad en malla. En el resto de transmisividades (40% y 60%) las diferencias en los diámetros no llegan a ser significativas. El mayor crecimiento en diámetro en las plantas que se desarrollan bajo mayores transmisividades de luz ha sido obtenido en otros trabajos (SHARPE et al., 1999; JACOBS, 2011).

En cuanto a la esbeltez, se encuentran resultados significativos para la transmisividad, siendo significativamente menor la esbeltez de los protectores que dejan pasar a través de sus paredes el 80% de la radiación exterior. Este mismo resultado se ha obtenido en otros trabajos (OLIET et al., 2000).

Morfología y Biomasa

Para las distintas variables de biomasa que se estudiaron, tanto de la parte aérea como de la parte radical, aparecieron como respuesta general, diferencias significativas para el tipo de protector, apareciendo mayores valores en las plantas protegidas con tubos, siendo los motivos análogos a los desarrollados en apartados anteriores, ya que en general, las plantas bajo tubo se han desarrollado más. En trabajos anteriores (VÁZQUEZ DE CASTRO et al., 2014; SÁNCHEZ-

GÓMEZ et al., 2006; PUÉRTOLAS et al., 2010) aparecieron diferencias en función de la transmisividad, cosa que en nuestro caso no se registró.

En cuanto al área foliar, las plantas protegidas con tubo rígido tienen significativamente mayor área foliar. Al no circular el aire, son capaces de soportar mayor superficie de transpiración, cosa que en las mallas debido de nuevo a la reducción de la capa límite no se da. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en otros trabajos, también con coscoja como especie de estudio (BELLOT et al., 2002)

6. Conclusiones

Como conclusión principal del ensayo, se puede afirmar que los protectores de plástico rígido provocan una mejora significativa en la supervivencia de las dos especies ensayadas en este experimento, así como un mayor crecimiento, que las mallas. Las variables fisiológicas analizadas parecen sugerir que la reducción del viento en los tubos de paredes rígidas está detrás de esta mejora de la supervivencia.

Entre las dos especies ensayadas los resultados de supervivencia obtenidos han sido similares, aunque con cierta disparidad en la respuesta a los tratamientos, con un mayor efecto depresor de la supervivencia para la malla pero al tiempo, promotor para el tubo en espinos negro (*Rhamnus lycioides*).

El factor transmisividad ha resultado no ser un factor tan influyente, aunque en varias variables como la altura, el diámetro basal y la supervivencia parece que la transmisividad del 80% es la que peor respuesta tiene. En las transmisividades del 40% y el 60% no se manifiestan diferencias significativas, aunque parece que la transmisividad del 60% produce los resultados más favorables en el conjunto de todas las variables.

Con todas estas conclusiones, y para dar respuesta al objetivo fijado al inicio del ensayo, se puede recomendar el empleo de tubos de plástico rígido en repoblaciones que presenten una estación similar a la de esta experiencia, especialmente en *Rhamnus lycioides*. Globalmente, para las especies y el contexto ecológico ensayados, se recomienda el empleo de tubos de paredes rígidas, ventilados, y de una transmisividad del 60%.

7. Agradecimientos

A la organización de conservación de la naturaleza WWF España y a todos sus voluntarios, por su colaboración en las labores de plantación y demás tareas necesarias para la realización de este trabajo.

8. Bibliografía

- ANDREWS, D. M., BARTON, C. D., CZAPKA, S. J., KOLKA, R. K., & SWEENEY, B. W. 2010. Influence of tree shelters on seedling success in an afforested riparian zone. *New forests*, 39(2), 157-167
- BELLOT, J.; ORTIZ DE URBINA, J. M.; BONET, A.; SÁNCHEZ, J. R. 2002. The effect of tree shelters on the growth of *Quercus coccifera* L. seedlings in a semiarid environment. *Forestry* 75: 89-106
- BERGEZ, J. E., DUPRAZ, Z. C. 1997. Transpiration rate of *Prunus avium* L. Seedlings inside an unventilated treeshelter. *Forest Ecology and management* 97: 255-264
- BJORKMAN, O.; DEMING, B. 1987. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence at 77k among vascular plants of diverse origins. *Planta* 170: 489-504
- CLOSE, D.C.; RUTHROF, K.X.; TURNER, S.; ROKICH, D.P.; DIXON, K.W. 2009. Ecophysiology of species with distinct leaf morphologies: effects of plastic and shade cloths guards. *Restoration Ecology* 17:33-41.

- DEL CAMPO GARCÍA, A.; NAVARRO CERILLO, R. M.; AGUILELLA SEGURA, A.; FLORS VILLAVERDE, J.; 2008. Influencia microclimática del diseño del tubo protector y respuesta de diez especies forestales al tubo ventilado. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 28: 81-87
- DEL CAMPO, A. D.; NAVARRO-CERRILLO, R. M.; AGUILELLA, A.; GONZÁLEZ, E. 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(1), 107-115.
- DEVINE, W. D.; HARRINGTON, C. A. 2008. Influence of four tree shelter types on microclimate and seedling performance of Oregon white oak and western redcedar. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 35 p
- FLEXAS, J. et al. 2012. Mesophyll diffusion conductance to CO₂: An unappreciated central player in photosynthesis. Plant Science, Volumes 193–194, September 2012, Pages 70-84
- GÓMEZ-APARICIO, A.; VALLADARES, F.; ZAMORA, R. 2006. Differential light responses of Mediterranean tree saplings: linking ecophysiology with regeneration niche in four co-occurring species. Tree Physiology 26, 947-958.
- JACOBS, D.F. 2011. Reforestation of a Salvage-Logger High-Elevation Clearcut: Englemann Spruce Seedling Response to Tree Shelters after 11 Growing Seasons. Western Journal of Applied Forestry 26(2): 2011.
- JIMÉNEZ, M. N.; NAVARRO, F. B.; RIPOLL, M. A.; BOCIO, I.; DE SIMÓN, E. 2005. Effect of shelter tubes on establishment and growth of *Juniperus thurifera* L. (Cupressaceae) seedlings in Mediterranean semi-arid environment. Annals Forest Science 62: 717-725.
- KJELGREN, R. 1994. Growth and water relations of Kentucky Coffee Tree in protective shelters during establishment. HortScience 29(7): 777-780
- MÉTHY, M; GILLON, D; HOUSSARD, C. 1997. Temperature-induced changes of photosystem II activity in *Quercus ilex* and *Pinus halepensis*. Canadian Journal of Forest Research 27: 31–38.
- NAVARRO, R. M^a; MORENO, J.; PARRA, M.; GUZMÁN, R. 2003. Utilización de tubos invernadero, mulch plástico y polímeros en el establecimiento de encina y acebuche. Información Técnica Económica Agraria, Vol. 101 N° 2 (129-144)
- NAVARRO-CERRILLO, R., MARTÍNEZ, A., GUSMÁN, R. 1998. Respuesta sobre la supervivencia y el crecimiento de encina y alcornoque en el Andévalo (Huelva) utilizando seis tipos diferentes de tubos protectores. En: El uso de tubos invernadero en trabajos de reforestación de tierras agrarias: análisis de algunos ensayos. Consejería de Agricultura y Pesca. Pp 9-39
- OLIET, J. A.; PLANELLES, R.; LÓPEZ ARIAS, M.; ARTERO, F.; 2000 . Efecto de la fertilización en vivero y del uso de protectores en plantación sobre la supervivencia y el crecimiento durante seis años de una repoblación de *Pinus halepensis*. Cuadernos de la S.E.C.F. 10: 69-77
- OLIET, J. A.; VÁZQUEZ DE CASTRO, A.; PUÉRTOLAS, J. 2015. Establishing *Quercus ilex* under Mediterranean dry conditions: sowing recalcitrant acorns versus planting seedlings at different depths and tube shelter light transmissions. New Forest.
- OLIET, J. A.; JACOBS, D. F. 2007. Microclimatic conditions and plant morpho-physiological development within a tree shelter environment during establishment of *Quercus ilex* seedlings. Agricultural and Forest Meteorology 144: 58-72
- OLIET, J. A.; NAVARRO-CERRILLO, R.; CONTRERAS, O. 2003. Evaluación de la aplicación de mejoradores y tubos en repoblaciones forestales. Consejería de Medio Ambiente de Andalucía. 234 pp
- PADILLA, F. M.; MIRANDA, J. D.; ORTEGA, R.; HERVÁS, M.; SÁNCHEZ, J.; PUGNAIRE, F. I. 2011. Does shelter enhance early seedling survival in dry environments? A test with eight Mediterranean species. Applied Vegetation Science, 14(1), 31-39.
- PUÉRTOLAS, J.; OLIET, J. A.; JACOBS, D. F.; BENITO, L. F.; PEÑUELAS J. L. 2010. Is light the key factor for succes of tube shelters in forest restoration plantings under Mediterranean climates? Forest Ecology and Management 260 (2010): 610-617
- SÁNCHEZ-GÓMEZ D.; VALLADARES F.; ZAVALA, M. A. 2006. Functional traits and plasticity in response to light in seedlings of four Iberian forest tree species. Tree Physiol 26: 1425-1433.
- SERRADA, R. 2008. Apuntes de Silvicultura. Servicio de publicaciones. EUIT Forestal. Madrid.
- SHAREW, H.; HAIRSTON-STRANG, A. 2005. A comparison of seedling growth and light transmission among tree shelter. Northern Journal of Applied Forestry 22: 102-110.

SHARPE, W. E.; SWISTOCK, B. R.; MECUM, K. E.; DEMCHIK, M. C. 1999. Greenhouse and field growth of northern red oak seedlings inside different types of tree shelters. *Journal of arboriculture* 25: 249-257

SHARROW, S. H. 2001. Effects of shelter tubes on hardwood tree establishment in western Oregon silvopastures. *Agroforestry Systems* 53: 283-290.

VÁZQUEZ DE CASTRO, A.; OLIET, J. A.; PUÉRTOLAS, J.; JACOBS, D. F. 2014. Light transmissivity of tube shelters affects root growth and biomass allocation of *Quercus ilex* L. and *Pinus halepensis* Mill. *Annals of Forest Science* (2013) 71:91-99