



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

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

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-292

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

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Comparación entre diferentes técnicas de siembra en restauración de zonas incendiadas

MARTÍNEZ SANZ, F.¹ y ENCISO ENCINAS, E.¹

¹ Socios Fundadores de GRUPO SYLVESTRIS SL

Resumen

Entre 2013 y 2016 la empresa Grupo SYLVESTRIS, especializada en la restauración de zonas incendiadas y en la realización de proyectos de compensación de CO₂, ha llevado a cabo la reforestación de diversas áreas arrasadas por el fuego en la Península Ibérica con novedosas técnicas de siembra forestal. En varias de ellas ha combinado técnicas propias con otras más convencionales, y ha realizado un seguimiento mediante muestreos con el fin de conocer los resultados de germinación. Así, se ha podido observar que la siembra en casillas raspadas con sembradora de diseño propio, además de un gran rendimiento, ha conseguido porcentajes de semillas emergidas superiores en más de 5 veces en comparación con la conocida siembra a voleo. Asimismo, la protección individualizada de semillas contra la predación con Seed Shelters®, desarrollados por la Universidad de Granada, ha aumentado en un 350% los resultados comparados con la siembra en casillas con semilla sin proteger. Los beneficios de estas técnicas son determinantes al requerir de cantidades mucho menores de semilla forestal, cara y no siempre disponible, proponiendo por tanto la técnica de siembra a voleo casi exclusivamente para los escenarios de siembra aérea (drones sembradores).

Palabras clave

Sembradora, Seed Shelter, dron, semilla, incendio, ahorro.

1. Introducción

En los últimos cuatro años, desde SYLVESTRIS se ha trabajado en múltiples proyectos de repoblación forestal en diversos lugares del arco mediterráneo, desde Las Hurdes en Extremadura, hasta el Valle del Becá, en Líbano. Según la tipología de cada proyecto (objetivo, estado actual, climatología, especies a introducir, etc.), se han acometido diferentes soluciones: siembras, plantaciones, uso de acondicionadores de suelo o empleo de distintos métodos de protección. Sin embargo, dada la experiencia acumulada en el empleo de la semilla para restauración de zonas incendiadas mediante siembra forestal, desde esta empresa se han desarrollado e implementado nuevas técnicas que suponen un avance en este método de repoblación: la sembradora manual Sylvestris, herramienta que permite la siembra en casillas raspadas con mayor rendimiento y ergonomía, y el Seed Shelter, un protector de semillas hipógeas desarrollado en la Universidad de Granada por Jorge Castro y Alexandro B. Leverkus, con número de patente 201331441. Ambas técnicas han sido usadas en diferentes proyectos de reforestación, si bien en el presente artículo se van a exponer los resultados de dos obras concretas, que son en las que se han usado estas dos técnicas y sus alternativas clásicas de siembra, lo que permite un estudio comparativo: una siembra de 36,8 ha en zona incendiada en 2014 en Monasterio (Guadalajara), y otra de 13,6 ha en zona incendiada en 2015 en el Parque Natural de la Muntanya de Montserrat (Barcelona).

2. Objetivos

Si bien ambos proyectos perseguían como fin el restaurar superficies afectadas por recientes incendios forestales, el de Monasterio lo hacía con la pretensión de reforzar un posible regenerado de *Pinus pinaster* Ait. y *Pinus nigra* Arn. ssp. *salzmannii*, introduciendo además nuevas especies como *Quercus ilex* L. ssp. *ballota* y *Quercus faginea* Lam. En el de Montserrat, no obstante, además de realizarse en una zona donde se estimaba que la regeneración natural iba a ser prácticamente nula, se hizo además con la finalidad de inscribirlo como Proyecto de absorción de CO₂ en el Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción del Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio ambiente.

Estos trabajos, por tanto, no son profundos proyectos de investigación, sino obras de reforestación reales, que han sido aprovechados por SYLVESTRIS para llevar a cabo estudios que, globalmente, aporten información válida sobre las nuevas técnicas, e ir más allá del mero seguimiento de la siembra. Los objetivos específicos de estos estudios han sido:

- Comparar la diferencia de semilla emergida entre la siembra a voleo y la siembra en casillas con sembradora Sylvestris.
- Conocer la diferencia de semilla emergida entre la siembra en casillas de quercíneas con bellota desnuda y la siembra en casillas con bellota protegida en Seed Shelter.
- Obtener datos de rendimientos entre las diferentes técnicas empleadas, sobre todo en lo referido al ahorro de semilla empleada.
- Tratar, en definitiva, de conseguir los mayores éxitos en los futuros trabajos de repoblación, optimizando o disminuyendo los presupuestos para poder abarcar mayores superficies.

3. Metodología

En ambos proyectos, se llevaron a cabo los cuatro métodos de siembra siguientes:

1. Siembra a voleo de *Pinus* sp. (*P. pinaster* y *P. nigra* en Monasterio, y *P. halepensis* y *P. nigra* en Montserrat).
2. Siembra en casillas picadas de *Pinus* sp. de las mismas especies.
3. Siembra en casillas picadas de *Quercus ilex* ssp. *ballota* en ambos lugares.
4. Siembra en hoyos de 10 cm de diámetro por 20 cm de profundidad con bellota de *Q. ilex* protegida por Seed Shelter.

La zona de Montserrat está comprendida entre los 425-555 m de altitud, con pendientes del 5 al 50% y mayoritariamente en umbría. Los suelos son cambisoles calcáricos con grave riesgo de erosión y hay una precipitación media de 665 mm/año, con una sequía fisiológica de 1,5 meses.

La zona de Monasterio está comprendida entre los 950-1.120 m de altitud, con pendientes del 5 al 25% y mayoritariamente en solana. Los suelos son cambisoles eútricos y hay una precipitación media de 585 mm/año, con una sequía fisiológica de 2,5 meses.

3.1. Siembra de *Pinus* sp. a voleo vs. Siembra en casillas raspadas.

En ambos proyectos se simultanearon sendos métodos de siembra. La siembra en casillas la realizaban los operarios avanzando en paralelo y empleando una sembradora manual personal provista de barroncillo, desarrollada por Grupo SYLVESTRIS (Sembradora Sylvestris). Dicha sembradora tiene forma de T mayúscula y cuenta en la base con una roseta provista de seis dientes contrapeados que rodea el tubo central, que termina en un corte biselado. Para manejarla, el trabajador apoya la base sobre el terreno, introduciendo los dientes y la parte final del tubo central para, haciendo un movimiento alternativo de giro con los mangos, constituidos por el tubo horizontal, remover superficialmente el terreno con los dientes de la roseta e introducir el tubo central en el centro de la casilla. Una vez realizada la casilla, el operario saca las semillas que lleva consigo en un bolso y las introduce por la parte superior del tubo vertical. A continuación, dicho operario levanta la sembradora mientras sube y baja el barroncillo interior, que acaba en punta de lanza, para evitar bloqueos de tierra y/o semillas en el final de la sembradora. Ya solo resta pisar la casilla para compactar el terreno y avanzar hasta la siguiente, todo ello sin que el trabajador haya tenido que agacharse en ningún momento. La semilla queda enterrada aproximadamente entre 1,5 y 2 veces el diámetro de ésta, como recomiendan PEMÁN y NAVARRO, 1998.

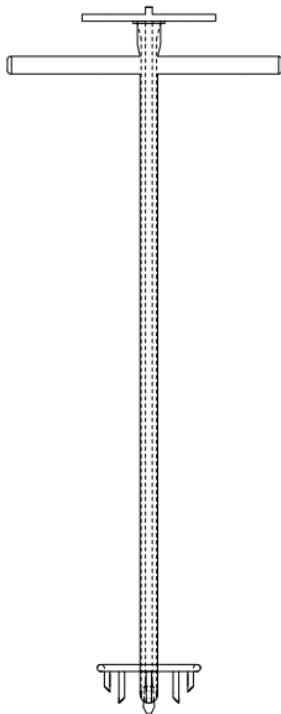


Figura1. Alzado de la sembradora Sylvestris, modelo Pinus

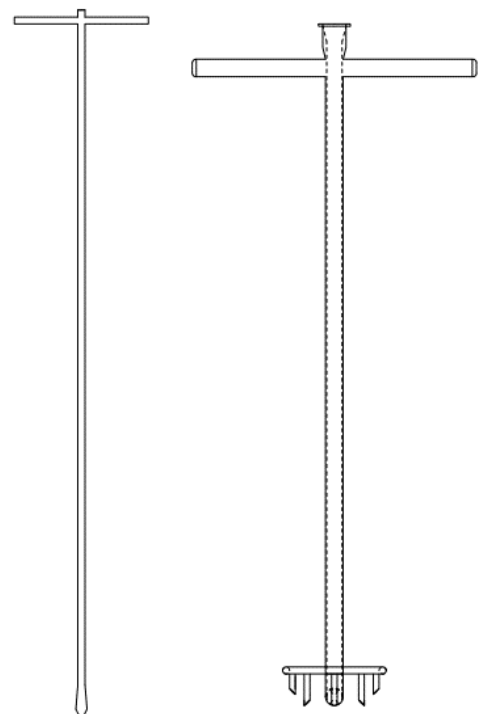


Figura2. Despiece de la misma sembradora Sylvestris



Figura3. Trabajadores sembrando con la sembradora Sylvestris en Montserrat.

La siembra a voleo se realizó para todas las especies mediante la dispersión manual por un trabajador de 30.000 semillas por ha (0,65 kg para el *P. halepensis* y 0,66 kg para el *P. nigra*). Esto se considera un refuerzo, pues es menos de la tercera parte de lo que recomienda la bibliografía clásica al respecto (entre 8 kg para *P. halepensis* y 8-10 kg/ha para *P. nigra* según CATALÁN, G. 1991, si bien con posterioridad otros autores han reducido algo esas cantidades, como MONSALVE, M. 1995). No obstante, la cantidad de semilla requerida vendrá necesariamente condicionada por el número de plantas que se deseen obtener por hectárea (PEMÁN, J; NAVARRO, R. 1998).

Para realizar los pertinentes inventarios, se llevó a cabo la instalación de 32 parcelas fijas de muestreo con forma rectangular entre ambas repoblaciones, en las que se localizan a su vez 4 subparcelas (4 microparcelas de 1 m²), lo que hacen un total de 128. El centro de cada parcela se marcó con una estaquilla alta o un hito de piedra y se posicionó mediante GPS. En las microparcelas que había en cada esquina, se localizaba una casilla raspada realizada con sembradora Sylvestris, y se depositaban en las proximidades 3 semillas de pino que simulasen la siembra a voleo. Cerca de la casilla raspada se clavaba una estaquilla más corta, y los tres piñones se dispusieron siembre en forma triangular, uno entre la casilla y la estaquilla, y los otros dos al otro lado de la casilla, siempre dentro del m², con el fin de evitar posibles confusiones con potenciales brinzales de regenerado natural. Este tipo de microparcelas confirma que en el lugar señalado se sembraron con total seguridad una casilla raspada con cuatro semillas de pino más otras tres a voleo.

Si bien también se realizaron muestreos aleatorios mediante transectos, éstos sólo sirvieron para obtener más datos del resultado total, pero no permiten diferenciar entre uno y otro método, por lo que no se han tenido en cuenta para este estudio.

1.2 Siembra en casillas de bellotas desnudas vs. Siembra de bellota protegida con Seed Shelter.

Al igual que en el caso anterior, los dos tipos de siembra fueron empleados en ambas repoblaciones. La siembra de bellotas sin protección se llevó a cabo en casillas raspadas realizadas con sembradora Sylvestris en las que se introdujeron dos bellotas. La siembra con bellotas protegidas se llevó a cabo en pequeños hoyos de 10 cm de diámetro y 20 cm de profundidad, en el que se introducía un Seed Shelter con dos bellotas. Este dispositivo consiste en una cápsula montada con dos piezas tronco-piramidales idénticas obtenidas a partir de una superficie plana troquelada. En su interior se incorpora el sustrato que envuelve la/s semilla/s introducida/s, en este caso dos bellotas. La cápsula final tiene forma de octaedro isósceles, con los vértices superior e inferior truncados, siendo estos dos lugares por donde saldrán al exterior de dicha cápsula los tallos y raíces de cada semilla. El fundamento del Seed Shelter consiste en dificultar el acceso a las semillas de los roedores, pues son varios los estudios que confirman que los principales daños en las siembras vienen dados por estos animales, más incluso que por otros animales de gran querencia por las bellotas como los jabalíes, como muestra el estudio de Jorge Castro, Alexandro B. Leverkus & Francisco Fuster en su artículo, A new device to Foster oak forest restoration via seed sowing, aparecido en New Forests y editado por Springer en 2015.

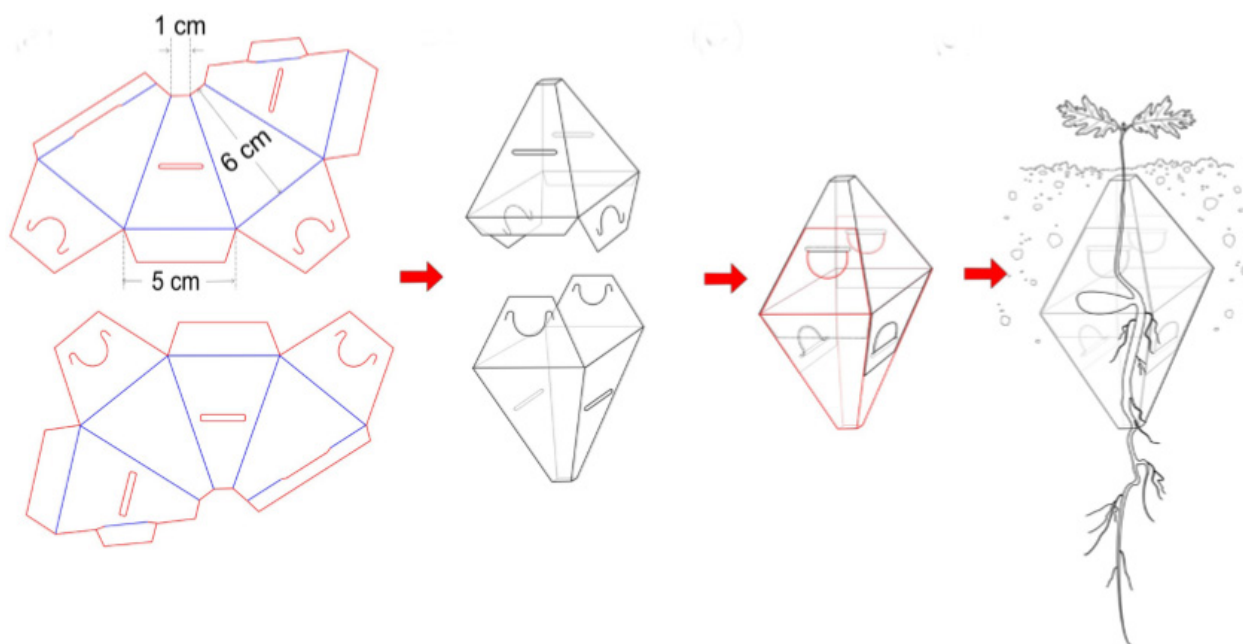


Figura 4. Diseño de los Seed Shelter empleados, tomado del mismo artículo anterior

Como en el caso de los pinos, para realizar los pertinentes inventarios se llevó a cabo la instalación de 32 parcelas fijas de muestreo con forma rectangular entre ambas repoblaciones, en las que se localizan a su vez 4 casillas raspadas en cada esquina, lo que hacen un total de 128. Del mismo modo, se replantearon 11 parcelas con un Seed Shelter en cada esquina, 44 en total. El centro de estas parcelas también se marcó con una estaquilla alta o un hito de piedra y se posicionó mediante GPS. Cerca de cada casilla se clavó una estaquilla más corta, para posibilitar su

localización. En las zonas donde la repoblación fue mixta, las parcelas coincidían con las de pino, situando las casillas de *Quercus* en el lado opuesto de la estaquilla, siempre en dirección hacia el centro de la parcela. También se realizaron muestreos aleatorios mediante transectos para obtener más datos del resultado total, pero por la misma razón que antes, no se han tenido en cuenta para este estudio.

En ambos casos, los datos corresponden al inventario realizado al final de la primavera siguiente a la siembra, 20/6/2015 en Monasterio, y 9/7/2016 en Montserrat. El motivo de elegir esta época es conseguir conocer la emergencia viva obtenida antes de la llegada de la sequía fisiológica y de las posibles pérdidas estivales.

4. Resultados

Si bien los resultados se presentarán individualizados para cada zona, el interés estará puesto en los resultados globales de ambos proyectos, pues se basarán en un mayor número de casos muestreados.

Se destaca, no obstante, que lo que se pretende con este estudio es analizar la comparación entre diferentes técnicas, independientemente de los resultados y densidades finales obtenidas, que en cada proyecto se planificaron de forma diferente, y sufrieron diferentes climatologías entre un año y otro. Sin embargo, las técnicas comparadas sí que compartieron paraje y época entre ellas.

4.1 Siembra de *Pinus* sp. a voleo vs. Siembra en casillas picadas.

En este caso, el resultado que se compara es el porcentaje de semillas germinadas con una y otra técnica, sabiendo que ambas técnicas se dan en las mismas microparcels de 1 m², con la misma semilla y en la misma época:

Tabla 1. Resultados de porcentaje de semillas de pino que dieron lugar a plántulas emergidas

Proyecto	Siembra a voleo (%)	Siembra en casillas (%)
Monasterio (GU)	4,44	4,35
Montserrat (B)	0,56	15,00
TOTAL:	1,85 ± 0,17	9,30 ± 0,52

El intervalo de confianza se ha calculado para el resultado total para un error del 5% y un nivel de confianza del 95%.

Como dato complementario, indicar que el hecho de introducir 4 semillas de pino en cada casilla raspada dio lugar a un 20,93% de casillas con plántula de pino en ella.

4.2 Siembra en casillas de bellotas desnudas vs. Siembra de bellota protegida con Seed Shelter.

Para comparar estas técnicas, y puesto que ambas son siembras puntuales con dos bellotas, el resultado que se muestra es el de porcentaje de casillas que contienen brinzales emergidos con una y otra técnica:

Tabla 2. Resultados de porcentaje de casillas que mostraron plántulas de encina emergidas

Proyecto	Siembra con bellota desnuda (%)	Siembra con bellota protegida con Seed Shelter (%)
Monasterio (GU)	10,11	39,13
Montserrat (B)	7,50	25,00
TOTAL:	9,30 ± 0,97	32,56 ± 2,48

5. Discusión

Como puede observarse, en ambos casos las técnicas alternativas han supuesto un incremento en el porcentaje de plántulas obtenidas muy superior al de la técnica clásica. En el caso de la siembra de *Pinus* en casillas con sembradora Sylvestris, el incremento respecto a la siembra a voleo es de un 503% más, lo que significa que se reduce en cinco veces la cantidad de semilla necesaria. Este factor es clave, pues una de las desventajas a la hora de restaurar zonas incendiadas mediante siembra es la elevada cantidad de semilla necesaria, de una Región de Procedencia específica, para medianas y grandes superficies, que con frecuencia no se encuentra disponible en el mercado, inconveniente que ya fue señalado por GARCÍA SALMERÓN, J. 1991. Además, la gran cantidad de semilla necesaria en las siembras a voleo puede repercutir en que la que esté disponible no tenga la calidad deseable (SERRADA, R. 1995).

En el caso de la siembra de bellotas en Seed Shelter, el incremento de plántulas obtenidas con la misma cantidad de semillas es de un 350%, lo que significa casi la cuarta parte de semilla necesaria en comparación con el empleo de bellota desnuda.

Si bien la diferencia de resultados es muy grande, se han aplicado Contrastes de Hipótesis para confirmar con un nivel de confianza del 95% que las diferencias no se deben al error de muestreo. El tipo de contraste aplicado es unilateral, ya que lo que interesa confirmar es si un resultado es mejor que otro, comparando de la siguiente manera:

$$H_0: p \leq p_0 \quad H_1: p > p_0$$

Luego:

$$Z_{\text{exp}} = \frac{(p-p_0)}{\sqrt{(p_0q_0/n)}} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Si } Z_{\text{exp}} \leq Z_{\text{teor}} \rightarrow \text{Se acepta } H_0 \\ \text{Si } Z_{\text{exp}} > Z_{\text{teor}} \rightarrow \text{Se rechaza } H_0 \text{ y se acepta } H_1 \end{array} \right.$$

$Z_{\text{teor}} = Z_{1-\alpha}$

Donde:

p_0 : es la proporción con la que se pretende comparar

q_0 : es la proporción que no cumple la característica (1-p)

p : es la proporción que se pretende comparar

α : nivel de significación. En este caso 0,05 (95%)

n : tamaño de la muestra

z_α : para $\alpha=0,05 \rightarrow z_\alpha = 1,645$

En los casos analizados, las hipótesis quedan:

Hipótesis nula (H_0): $p \leq p_0$:

- % semillas de *Pinus* con sembradora germinadas \leq % semillas *Pinus* germinadas a voleo.
- % casilla de *Quercus* con Seed Shelter con plántulas vivas \leq % casilla raspada de *Quercus* con semilla desnuda.

Hipótesis alternativa (H_1): $p > p_0$

- % semillas de *Pinus* con sembradora germinadas $>$ % semillas *Pinus* germinadas a voleo.
- % casilla de *Quercus* con Seed Shelter con plántulas vivas $>$ % casilla raspada de *Quercus* con semilla desnuda

Si $Z_{exp} > Z_{teor} \rightarrow$ Se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1): $p > p_0$

Realizando los pertinentes cálculos, se tiene:

Tabla 3. Parámetros de cálculo estadístico para el contraste de hipótesis.

Comparación técnicas	H_0	p	n	α	p_0	Z_{teor}	Z_{exp}	Conclusión
<i>Pinus</i>	% Casillas \leq % voleo	0,0930	512	0,05	0,0185	1,645	12,505	Se rechaza
<i>Quercus</i>	% Seed Shelter \leq % casillas	0,3256	88	0,05	0,0930	1,645	7,511	Se rechaza

Por tanto, en ambos casos $Z_{exp} > Z_{teor}$ es decir, que se rechazan las hipótesis nulas y se aceptan las alternativas: la germinación de las semillas en casillas con sembradora es mayor que la siembra a voleo, y la germinación de bellotas protegidas con Seed Shelter es superior a la de las mismas semillas sin protección.

Respecto a la diferencia de resultados entre ambos emplazamientos, puede observarse como en general los obtenidos en Montserrat son considerablemente peores que los conseguidos en Monasterio. Se puede asegurar que esto se debe a dos razones fundamentales: la primera es que el paraje barcelonés es menos propicio al regenerado que el alcarreño, por suelo y pendiente, como así confirma la diferencia entre el regenerado natural acaecido en una y otra estación, que se puede hacer extensible incluso a las especies arbustivas. La segunda razón, de mayor peso, ha sido la anómala escasez de precipitaciones acaecidas durante el invierno de 2015-2016 en comparación con el de 2014-2015, que ha determinado sin duda unos peores resultados generales en Montserrat. No obstante, por eso se ha remarcado que el interés de este estudio es la comparación entre alternativas, puesto que si la estación forestal o la meteorología del año no es buena, no lo es para ninguna de dichas alternativas estudiadas, ya que se han planteado bajo las mismas condiciones.

En cuanto a los resultados obtenidos con la siembra de bellotas con Seed Shelter, es conveniente indicar las siguientes observaciones:

- Se constató mediante la extracción de algunas cápsulas que en Guadalajara había en junio aún epicótilos de bellota que, si bien estaban desarrollándose, aún no habían emergido a la superficie. Esto es importante, pues es de prever que los resultados han sido en realidad mejores a los expuestos, pero no se han querido no obstante modificar para ser cabales en su interpretación y no basarlos en estimaciones.
- El empleo en repoblaciones reales del Seed Shelter evidenció que algunas de estas cápsulas habían fallado por algunos motivos que un diseño mejorado podía evitar o minimizar.

Efectivamente, aprovechando que en 2016 SYLVESTRIS licenció la patente de la Universidad de Granada del Seed Shelter, abordó una serie de modificaciones encaminadas a mejorar los resultados obtenidos en la utilización de estos dispositivos protectores de semillas, por lo que desarrolló un nuevo troquel que da lugar a una cápsula con las siguientes mejoras:

1. Sustitución del tipo de cierre de cada parte mediante uno de tipo americano, que sea más inexpugnable a la abertura.
2. Acortamiento de las solapas interiores, para evitar situaciones en las que un plegado excesivo de las mismas dificulta a tallos y raíces alcanzar la salida, por estrechamiento en la zona central de la cápsula.
3. Diseño redondeado de las aberturas para que el borde resulte menos afilado para los tejidos de tallos y raíces.
4. Implantación de una arista troquelada en cada parte para facilitar la apertura futura de la cápsula cuando la plántula engrose demasiado.
5. Instalación de cuatro solapas en el exterior de la zona central que actúen como zapatas de anclaje, con el fin de evitar posibles expulsiones de la cápsula por el propio terreno, bien por heladas repetidas, bien por pérdida de suelo en laderas con erosión, y sobre todo, para dificultar la extracción de la misma por parte de animales.



Figura 5. Vista lateral del nuevo Seed Shelter diseñado



Figura 6. Vista superior del mismo diseño

Cabe reseñar a este respecto, que el diseño mostrado de la sembradora Sylvestris también fue sufriendo diversas modificaciones respecto al prototipo inicial, orientadas a una elaboración más eficaz de la casilla raspada, un menor peso y una mejor manejabilidad general.

En lo concerniente los costes de cada alternativa, cabe decir que las técnicas denominadas clásicas acumulan la mayor parte del coste en la semilla, mientras que las técnicas alternativas presentadas reducen, como se ha visto, enormemente la cantidad necesaria de semilla, a cambio de necesitar más mano de obra. Si bien la comparativa dependerá en cada escenario del precio de la semilla (variable según la especie y la Región de Procedencia) y del rendimiento sobre cada tipo de terreno, podría decirse que los costes son similares, reemplazando el gasto en semillas por mano de obra. Huelga decir las ventajas sociales que esto provoca en lo referente a generación de empleo rural. Pero es que además no se ha de olvidar lo que se ha indicado con anterioridad: en la siembra directa no es tanto una cuestión del precio de la semilla como la disponibilidad de grandes cantidades de ésta.

Por otra parte, el trabajo en casillas da una distribución más regular de las plántulas obtenidas que la siembra a voleo, además del beneficio que el pequeño y puntual laboreo genera en el desarrollo de la futura plántula. Las pequeñas preparaciones del suelo que implican estos métodos alternativos garantizan además con su realización una profundidad mínima de suelo mayor que la de los métodos clásicos, ya que un piñón puede caer perfectamente en una losa en la que un trabajador no haría una casilla raspada. Del mismo modo, la introducción de los Seed shelter garantiza una profundidad mínima de suelo y es que, si no hay espacio suficiente para introducir una cápsula de este tipo, difícilmente puede haberlo para que haya una encina o un roble.

Con todo lo anterior, no se pretende indicar que la siembra directa a voleo deba descartarse definitivamente, pues puede ser una alternativa adecuada en casos de utilización de grandes cantidades de semilla barata o para la siembra en lugares verdaderamente inaccesibles, bien por la pendiente del terreno, bien por la inexistencia de accesos. Para este último caso, puede ser de gran interés la utilización de drones sembradores, que pueden ofrecer una solución frente a escenarios donde la alternativa sería no hacer nada, como el desarrollado por TRIEDRO y SYLVESTRIS.



Figura 7. Octocóptero con dispositivo sembrador desarrollado por las empresas TRIEDRO y SYLVESTRIS

En cualquier caso, para las siembras aéreas con drones, se hace fundamental la preparación de semilla con tratamientos pregerminativos, pues dichos tratamientos pueden reducir a una tercera parte la cantidad de semilla necesaria para obtener el mismo número de plantas (MARTÍNEZ SANZ, F; ENCISO, E. 2013), lo que triplica el rendimiento en un método donde la autonomía del aparato juega un factor clave.

6. Conclusiones

De los trabajos realizados se han podido extraer las siguientes conclusiones:

- La realización de casillas picadas para la siembra de especies del género *Pinus* ha ofrecido a tenor de los resultados obtenidos en los dos proyectos de repoblación expuestos, un ahorro en semillas superior al 500%, con lo esto supone a la hora de abordar superficies para las que no hay suficiente stock de semillas en el mercado.
- Del mismo modo, la realización de siembras con bellotas protegidas con Seed Shelter ha supuesto de media en sendas obras un ahorro del 350% de semilla frente a la utilización de bellotas sin proteger.
- Por los motivos expuestos en la discusión, se da por seguro que los resultados del Seed Shelter pueden ser más satisfactorios aún con las mejoras realizadas en su nuevo diseño, si bien aún no se tienen resultados del mismo por haberse empezado a probar recientemente.
- Los pequeños laboreos puntuales de las técnicas alternativas presentadas favorecen ligeramente el desarrollo de la futura plántula.
- La siembra puntual genera un reparto más regular de plántulas, y evita densidades excesivas, como en ocasiones ha ocurrido con las siembras a voleo.
- Estos métodos son muy bien acogidos por grupos conservacionistas y por los responsables de los Espacios Naturales Protegidos por su mínimo impacto sobre el entorno.
- La sustitución de semillas por mano de obra tiene unos indiscutibles beneficios sociales por la generación de empleo rural que ofrecen estas técnicas frente a las denominadas clásicas.

- La ejecución de estas siembras no requiere tantos esfuerzos físicos como suelen requerir las plantaciones, por lo que pueden trabajar personas menos habituales en los trabajos de monte como son las mujeres, las personas mayores o con algún tipo de discapacidad, en definitiva, las más vulnerables, lo que aumenta el impacto social de estas actuaciones.
- Desde SYLVESTRIS, se sigue defendiendo la siembra como un método idóneo de reforestación para determinadas especies en escenarios de grandes superficies, regenerados insuficientes o irregulares o para lugares de difícil acceso o mecanización.

7. Agradecimientos

A Alfredo Chavarría Samper, Jefe del Servicio del Medio Natural de la Delegación de Guadalajara, a Pedro Díaz Felgueras y al resto del personal técnico y de Guardería Forestal del Servicio del Medio Natural de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, por su colaboración y ayuda en el terreno.

A Xavier Clopés Alemany, Subdirector General de Bosques y a Carles Furriol Fornells, técnico del Servei de Gestió Forestal, de la Generalitat de Catalunya, junto a Leire Miñambres Saez, de la Oficina Tècnica de Prevenció Municipal d'Incendis Forestals de la Diputació de Barcelona, por su colaboración e intermediación.

A Adrián Díaz Ibáñez, por su ayuda en los trabajos de delineación.

8. Bibliografía

CASTRO, J; LEVERKUS, A. B., FUSTER, F.; 2015. A new device to Foster oak forest restoration via seed sowing. *New Forests journal*. Springer. Páginas 3-7. La publicación final se encuentra disponible en link.springer.com.

CATALÁN BACHILLER, G; 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. ICONA. Página 98. Madrid.

GARCÍA SALMERÓN, J.; 1991. Manual de repoblaciones forestales I. Fundación Conde del Valle Salazar. Páginas 645-646. Madrid.

MARTÍNEZ SANZ, F; ENCISO ENCINAS, E.; 2013. Ensayos de restauración mediante siembras directas con *Pinus pinaster* Ait. en terrenos incendiados. Sexto Congreso Forestal Español. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Página 8. Vitoria.

MONSALVE DELGADO, M.; 1995. Manual de forestación. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Castilla y León.

PEMÁN, J; NAVARRO, R.; 1998. Repoblaciones forestales. Ed. Universidad de Lleida. Página 196, 198. Lleida.

SERRADA HIERRO, R.; 1995. Apuntes de repoblaciones forestales. Fundación Conde del Valle Salazar. Página 191. Madrid.