

TÍTULO

ESTUDIO COMPARADO DE LA REPOBLACIÓN FORESTAL MEDIANTE LA TÉCNICA DE “SIEMBRA PROFUNDA SUPERFICIAL” FRENTE A OTRAS DE PLANTACIÓN Y SIEMBRA.

AUTORES

ANA MARÍA ROMERO ESTEBAN. Ingeniero de Montes. (anmarome@gmail.com)

C/ Antonio Agustín 12-14, 1º D - C.P. 50002 ZARAGOZA

M^a. PAZ ARAMBURU MAQUA.

Departamento de Proyectos y Planificación Rural. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de Madrid. (paramburu@montes.upm.es)

Ciudad Universitaria s/n – C.P. 28040 MADRID

JACINTO HERRANZ ORTEGA. Ingeniero de Montes. Audeca S.L.

MESA TEMÁTICA

2. Mejora genética forestal, viveros y repoblaciones

RESUMEN

El principal objetivo es estudiar los resultados obtenidos mediante un nuevo tipo de siembra puntual, denominada *siembra profunda superficial*, como alternativa a otras técnicas, tanto de plantación como de siembra, empleadas frecuentemente en repoblaciones forestales en nuestro país y que no están siendo todo lo satisfactorias que se esperaba. Para ello y como objeto de un Proyecto Fin de Carrera en la E.T.S.I. de Montes de Madrid, se plantea y se lleva a cabo un muestreo en parcelas piloto de plantación y siembra de especies vegetales adecuadas para la zona de estudio elegida: área afectada por el incendio del año 2000 en el término municipal de Pedro Bernardo (Ávila). La técnica **siembra profunda superficial (SPS)** consiste en sembrar la semilla en un hoyo realizado con barrena helicoidal a una profundidad de unos 15 centímetros del suelo, cubrirla con una capa de tierra de espesor adecuado y colocar posteriormente un tubo protector que sirve de sujeción de las paredes del hoyo. Es por ello que, además de las técnicas, se han ensayado también tipos distintos de tubos protectores de efecto invernadero. Esta técnica resulta eficaz para las quercíneas empleadas, encina y rebollo, rechazando su aplicación para las coníferas pino resinero y pino silvestre.

* *NOTA: las palabras clave propuestas son las que aparecen en el texto sombreadas.*

MANUSCRITO

1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

La empresa Audeca S.L. entre sus principales actividades desarrolla numerosos proyectos de repoblaciones forestales. Dada la importancia que para la empresa tiene la buena ejecución y el éxito de los proyectos que ejecuta, considera necesario el desarrollo de un programa en el cual se investiga la mejora de técnicas empleadas, y conseguir así una disminución del número de marras y un mayor éxito en las repoblaciones efectuadas.

Su inquietud por ensayar y comprobar el funcionamiento de una nueva técnica de siembra puntual denominada siembra profunda superficial (SPS) hizo que la empresa propusiera una colaboración a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de Madrid y, más concretamente, al Departamento de Proyectos y Planificación Rural. El estudio se llevó a cabo mediante la firma de un convenio de colaboración y a través de la realización del Proyecto Fin de Carrera “Estudio de un ensayo técnico de plantación y siembra en parcelas piloto para la restauración del área afectada por el incendio del año 2000 en el término municipal de Pedro Bernardo (Ávila)”, dirigido por D^a. M^a. Paz Aramburu Maqua.

La zona elegida para el estudio se localiza en el municipio de Pedro Bernardo (Ávila) dentro del área incendiada en el año 2000. Esto fue debido a que en dicha zona la empresa estaba ejecutando el proyecto de repoblación para su restauración. El desarrollo de la experiencia se llevaría a cabo simultáneamente a la ejecución de dicha repoblación ya que así serían mayores las facilidades para emplear maquinaria y para adquirir cualquier material necesario para efectuar ésta.

2. OBJETIVOS

Se establecen los siguientes objetivos:

- Analizar la eficacia de la técnica siembra profunda superficial en relación a otras técnicas empleadas y, en particular, su aplicación a zonas incendiadas.
- Analizar si existen diferencias entre especies vegetales y distintas técnicas de plantación y siembra.
- Analizar si se obtienen mejoras significativas como consecuencia del empleo de tubos protectores de efecto invernadero para diferentes especies y técnicas.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Descripción de las parcelas de muestreo

El muestreo se ha realizado “*in situ*”, es decir, en el terreno real de aplicación, y simultáneamente a la ejecución del proyecto de repoblación. Debido a esto, a la hora de elegir las especies vegetales y las técnicas de preparación del terreno se intentó ajustarse todo lo posible a dicho proyecto de repoblación.

Elección de especies

Las especies seleccionadas se clasificaron en dos grupos: **Grupo I, frondosas caducifolias de vaguada** (*Betula alba*, *Castanea sativa*, *Celtis australis*, *Fraxinus angustifolia*, *Populus tremula*, *Salix atrocinerea*, *Salix salviifolia* y *Sorbus aucuparia*), y **Grupo II, coníferas y frondosas perennes y marcescentes** (*Pinus pinaster*, *Pinus sylvestris*, *Quercus ilex ssp. ballota* y *Quercus pyrenaica*).

Todas ellas se plantaron, sembrando únicamente las especies del Grupo II junto con el castaño ya que las restantes especies no producen semillas de tamaño adecuado para su siembra en el campo.

Las plantas empleadas fueron todas de una savia y cultivadas en envase a excepción de la especie *Populus tremula*, para la cual hubo que emplear planta cultivada a raíz desnuda por no encontrarla en envase.

Todas las semillas empleadas eran de buena calidad, siendo ésta garantizada por el proveedor o, en su defecto, comprobada por la alumna a través de la realización de los análisis de germinación pertinentes.

Elección y descripción de las técnicas de preparación del terreno.

Como técnicas de plantación se eligieron las que aparecen en el proyecto de repoblación, ejecutándose de la misma forma: plantación en fajas decapadas y subsoladas según curvas de nivel, plantación en banquetas mecanizadas con retroaraña y plantación en ahoyado con barrena. En cuanto a las técnicas de siembra, además de la nueva técnica, se optó por ensayar también otro tipo de siembra puntual clásico: siembra en casillas.

La técnica **siembra profunda superficial (SPS)** consiste en sembrar la semilla en un hoyo realizado con barrena de tipo helicoidal a una profundidad de unos 15 centímetros del suelo, cubrirla con una capa de tierra de espesor adecuado al tamaño de la semilla y colocar posteriormente un tubo protector que sirve de sujeción de las paredes del hoyo. De esta forma la semilla desarrollará un sistema radical a mayor

profundidad que mediante otros tipos de siembra, siendo así las condiciones de disponibilidad de agua más favorables. La planta estará mejor adaptada al medio que las obtenidas a través de cualquier técnica de plantación.

Elección del empleo de tubos protectores y tipos.

Debido a las características técnicas de la siembra profunda superficial es necesario el empleo de protectores de efecto invernadero. Es por ello que se considera también la posibilidad de estudiar si el número de marras producido en plantación se ve afectado por la presencia de un tubo protector. Por tanto, se decide ensayar varios tipos de tubos protectores, eligiendo los siguientes tipos dentro de los más usados hoy en día:

-**Tipo normal** (Tubex, de Improfort): de color verde y de efecto invernadero. Tubo de doble capa de polipropileno expandido de doble pared.

-**Tipo perforado** (Fortetub): “*idem*” pero perforado al 70%.

-**Tipo marrón con ventana** (Navarpro): “*idem*” al tipo anterior pero de color marrón. A este tipo se le realizaron dos secciones rectangulares diseñadas “*ex profeso*” para este trabajo con el fin de facilitar la recogida del agua procedente de escorrentía superficial en el interior del tubo.

Número y localización de las parcelas de muestreo.

Para llevar a cabo el muestreo se diseñaron parcelas formadas por subparcelas caracterizadas por el grupo de especies y la preparación del terreno empleadas. Inicialmente se pensó que cada subparcela tendría que tener al menos una réplica en otra parcela de ubicación distinta pero en algunos casos esto no fue posible debido a la disponibilidad de superficie para el muestreo y las características físicas de la zona de estudio (altitud, pendiente, pedregosidad,...). En la *Tabla 1* se recoge un resumen de las parcelas finalmente ejecutadas y en la que se pueden observar las combinaciones de técnicas, especies y tubos protectores que fue posible realizar según lo anterior y teniendo en cuenta la viabilidad técnica, ecológica y económica del estudio.

El tamaño de la muestra, es decir, el número de plantas, hoyos o casillas realizado en una subparcela para cada especie, se estableció que fuera de 50 aunque, por diversas causas, en algunos casos el número finalmente colocado fue algo inferior.

Muestreo y seguimiento.

Una vez ejecutadas las parcelas de muestreo, se señalaron y numeraron las plantas y tubos colocados, identificando también la especie, para poder realizar un correcto seguimiento de la plantación y siembra efectuadas y conocer el número definitivo de plantas, hoyos o casillas de cada subparcela.

Después de este recuento se realizaron dos conteos recogiendo el estado de las plantas en unos estadillos en los que se anotaba la presencia o ausencia de planta y, en el primer caso, si la planta estaba viva, dañada o muerta. El primero de ellos tuvo lugar antes del período estival y el segundo después de éste con el fin de ver cuántas plantas habían sobrevivido a la época desfavorable.

Además de los datos anteriores, también se tomaron datos de humedad y temperatura del suelo, del ambiente y del interior de los tubos para ver si se podría establecer alguna relación entre éstos y los resultados obtenidos en la plantación y en la siembra. Para los datos del suelo, se empleó un termómetro de suelos para medir su temperatura y un TDR *IMKO* modelo *TRIME* para la humedad. Para la humedad y temperatura en el entorno aéreo de la planta se empleó un termohigrómetro *Hanna Instruments S.L.* modelo *HI 9065*.

Tratamiento de la información.

Se optó por realizar un análisis de varianza (ANOVA) considerando uno y varios factores, estudiando todas las combinaciones posibles de éstos.

Los datos empleados fueron los del segundo conteo ya que eran los más representativos de los resultados obtenidos. El programa informático con el que se trabajó fue *Statgraphics*.

Los factores considerados fueron los de *parcela*, *especie*, *preparación del terreno* y *tubo* y en cuanto a las variables a estudiar se establecieron las siguientes:

-**%arraigo**: representaba el arraigo de las plantas y el número de plantas obtenidas de la siembra.

-**%vivas y dañadas**: representa el número de plantas que han sobrevivido al verano.

-**%marras**: incluye las plantas que no han arraigado y las que se han secado.

- **ΔH_{amb} y ΔT_{amb}** : representan las modificaciones de la humedad y de la temperatura ambiente como

consecuencia de la preparación del terreno y del empleo de los distintos tubos protectores.

$-\Delta H_{\text{suelo}}$ y ΔT_{suelo} : “*idem*” pero en el caso del suelo.

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se realizaron los siguientes análisis, de los cuales se comenta lo más importante:

1. Análisis de las técnicas de plantación y siembra de las especies pino resinero, encina, rebollo y castaño en las parcelas 1 y 2.
2. Análisis de las plantaciones de las especies del Grupo I, exceptuando el castaño, en las parcelas 1 y 3.
3. Análisis de las técnicas de plantación y siembra empleadas para el castaño en las parcelas 1, 2 y 3.
4. Análisis de los datos de humedad y temperatura en el entorno edáfico y aéreo de la planta.

Del primer análisis se obtiene que los mejores resultados se producen en las técnicas de plantación y, dentro de éstas, las especies que mejor funcionan son el pino resinero y la encina. En plantación las diferencias no residen en el número de plantas que arraigan sino en las que sobreviven tras del verano (Figuras 3 y 4).

El pino resinero funciona bastante mal en siembra, mientras que el resto de especies tienen valores similares de %*arraigo* diferenciándose después en el %*vivasydañadas*, destacando las quercíneas sobre el castaño. Se puede apreciar que este valor de %*vivasydañadas* es muy superior al obtenido en plantación.

Ninguno de los factores estudiados es significativo en el arraigo de las plantas ya que todos los valores están próximos al 100%, en cambio, en siembra sí es significativo el factor tubo en el %*marras* (Figura 5).

El tubo que peor funciona en todos los casos es el denominado *tipo marrón*, teniendo los mejores resultados al emplear los tubos de *tipo normal* y *perforado* sin ser grandes las diferencias entre ellos.

En el caso particular de la siembra, en ambas parcelas los mejores resultados se tienen también para los dos tipos anteriores y para las dos especies de quercíneas empleadas.

Cuando se analiza la combinación de los factores preparación-tubo (Figura 6) se puede ver que, empleando estos dos tipos, la siembra profunda superficial funciona algo mejor que la siembra en casillas.

Del segundo de los análisis, *Análisis de las plantaciones de las especies del Grupo I, exceptuando el castaño, en las parcelas 1 y 3*, cabe destacar que las diferencias producidas entre las especies de vaguada son debidas principalmente a la supervivencia de las plantas tras el verano y no al arraigo, obteniendo los resultados más favorables para la especie *Fraxinus angustifolia* y los más desfavorables para *Populus tremula* y *Salix atrocinerea*. Cuando se emplea el tubo protector de *tipo perforado* en las técnicas de plantación, las diferencias de éxito son algo mayores que en el análisis anterior pero tampoco son suficientes como para rentabilizar su empleo.

Del análisis dedicado al castaño, número 3, no se obtiene que existan grandes diferencias entre las parcelas de vaguada y las de ladera. Mediante las técnicas de plantación se alcanzan valores de %*arraigo* próximos al 100% en todos los casos, sin embargo, al analizar el %*marras* los resultados en las técnicas de siembra son ligeramente mejores que en las de plantación. Cuando se comparan las técnicas comunes a las tres parcelas, es decir, plantación en ahoyado con barrena, SPS y siembra en casillas, se tiene que la más favorable de ellas es la siembra profunda superficial. En cuanto al empleo de tubo protector, se obtiene que no es rentable en plantación y sí en siembra, donde los tipos que mejor funcionan son el *normal* y el *perforado*.

En el cuarto análisis no se obtienen relaciones importantes entre los datos de temperatura y humedad recogidos y los producidos en plantación y siembra. Se cree que esto puede deberse a la forma de tomar los datos, mediciones instantáneas en varios puntos de control cada quince días en cada subparcela y para medir en el interior de los tubos protectores, éstos debían ser retirados y colocados de nuevo tras la toma de datos. Por este motivo se recomienda que la toma de datos de variables de este tipo se realice en un solo punto de muestreo representativo de la zona y mediante instrumentos que permitan un registro continuo de sus valores.

5. CONCLUSIONES

En relación a las especies elegidas se concluye lo siguiente:

- De las coníferas empleadas, *Pinus pinaster* y *Pinus sylvestris*, se obtiene que el pino resinero es válido para la zona de estudio tal y como se esperaba. En cambio, no se puede decir lo mismo para el pino silvestre cuyos resultados han sido casi nulos ya que, probablemente, nos encontremos próximos a los límites de su área de distribución.

- En el caso de las quercíneas *Quercus ilex* y *Quercus pyrenaica*, se puede concluir que ambas son adecuadas para la zona, funcionando algo mejor la encina.
- Los resultados obtenidos para las frondosas caducifolias *Betula alba*, *Castanea sativa*, *Celtis australis*, *Fraxinus angustifolia*, *Populus tremula*, *Salix atrocinerea*, *Salix salviifolia* y *Sorbus aucuparia*, no han sido todo lo satisfactorios que se esperaba. Este hecho se atribuye a las condiciones de elevadas temperaturas y sequía producidas en el período estival (junio-agosto de 2003). Dicha causa hace que, aunque con malos resultados, se consideren todas las especies válidas excepto *Populus tremula* y *Salix atrocinerea*.

Del análisis comparativo de las técnicas de plantación y siembra empleadas se puede concluir que:

- La siembra profunda superficial resulta eficaz en el caso de las dos especies de quercíneas. Por tanto, parece válida esta técnica para dichas especies aunque habría que conseguir valores más altos en la fase de arraigo, por ejemplo, mediante el empleo de semillas pregerminadas, pues una vez conseguido éste la supervivencia de las plantas obtenidas es muy elevada.
- Lo mismo ocurre para el castaño (*Castanea sativa*), a pesar de no ser una especie muy recomendable para la zona de estudio, si se decidiera introducirla, sería recomendable hacerlo mediante esta nueva técnica.

En cambio, se rechaza totalmente su aplicación para las especies de coníferas estudiadas, *Pinus pinaster* y *Pinus sylvestris*.

- En el área de estudio y dentro de las técnicas de plantación, la que mejor resultados ofrece es la técnica de fajas subsoladas; aunque en ésta, debido a la elevada pedregosidad y pendiente que presenta, sólo puede llevarse a cabo en zonas muy concretas. Donde no sea posible aplicar esta preparación del terreno, se recomienda realizar la plantación en banquetas mecanizadas con retroaraña.

Los datos obtenidos del empleo de tubos protectores hacen que:

- No se recomiende el uso de tubo protector perforado en técnicas de plantación ya que, aunque los resultados son algo mejores en este caso, no es rentable debido al encarecimiento que supone su empleo.
- En el caso del análisis de las dos técnicas de siembra, donde el uso de protectores siempre es necesario (siembra profunda superficial) o aconsejable (siembra en casillas), se puede concluir que de los tres tipos utilizados se desaconseja el empleo del tubo de *tipo marrón* debido al gran número de marras producidas.

Por el contrario, los otros dos tipos de tubos protectores, *normal* y *perforado*, dan resultados similares entre sí, residiendo la diferencia entre ellos en el precio más económico del primero.

FIGURAS Y TABLAS

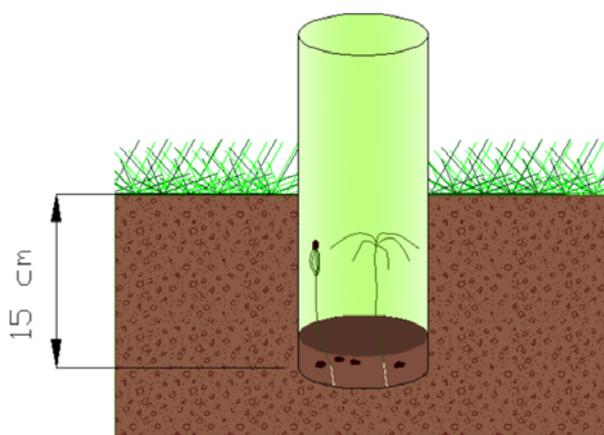


Figura 1. Esquema de la profundidad de la semilla y de colocación del tubo protector en la **siembra profunda superficial (SPS)**.

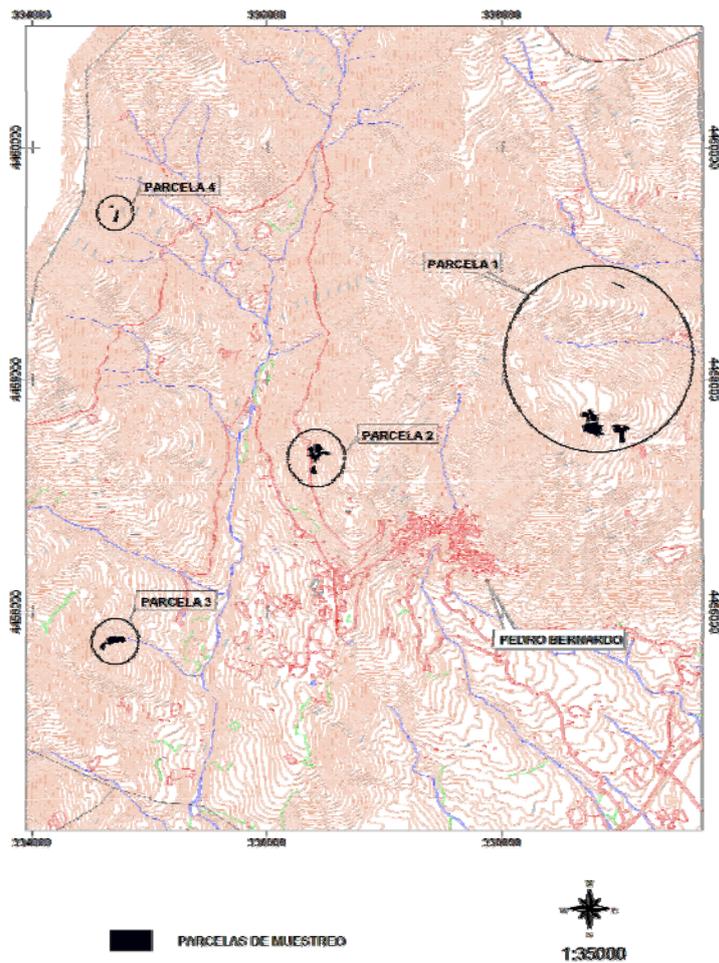


Figura 2. Situación en la zona de estudio de las parcelas de muestreo finalmente ejecutadas.

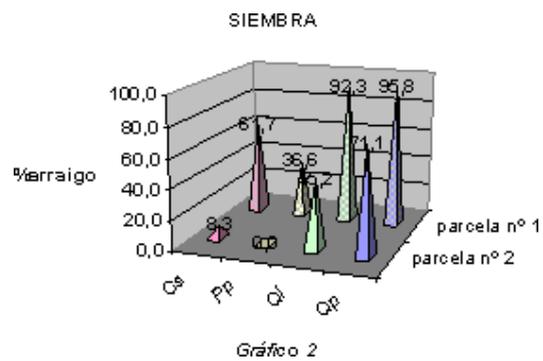
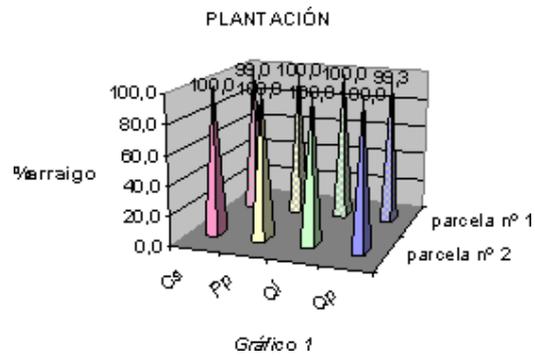


Figura 3. Influencia del factor especie en la variable %arraigo en las parcelas 1 y 2.

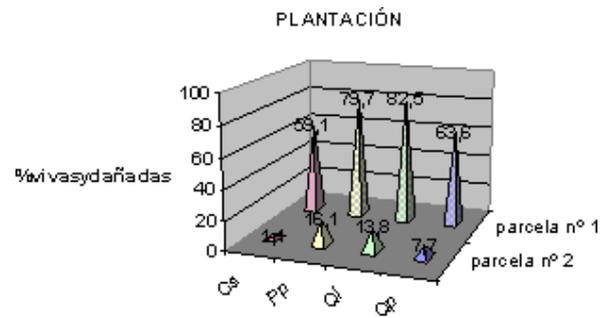


Gráfico 3

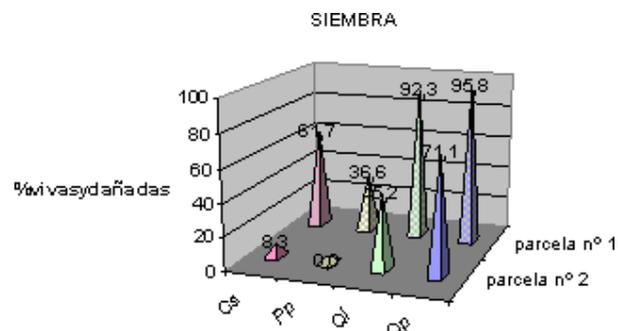


Gráfico 4

Figura 4. Influencia del factor especie en la variable %vivas y dañadas en las parcelas 1 y 2.

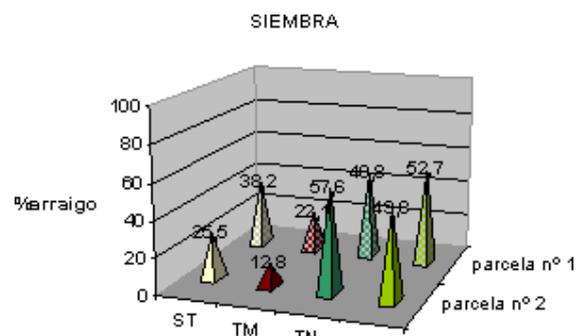


Gráfico 5

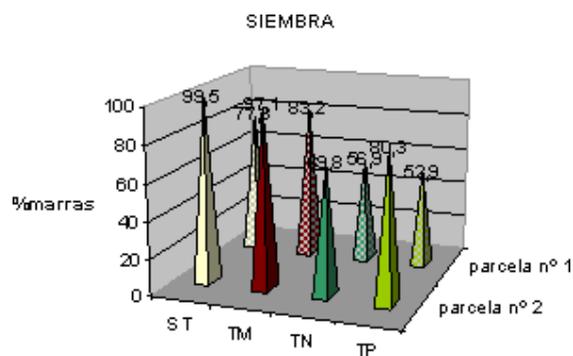


Gráfico 6

Figura 5. Influencia del factor tubo en siembra en las parcelas 1 y 2.

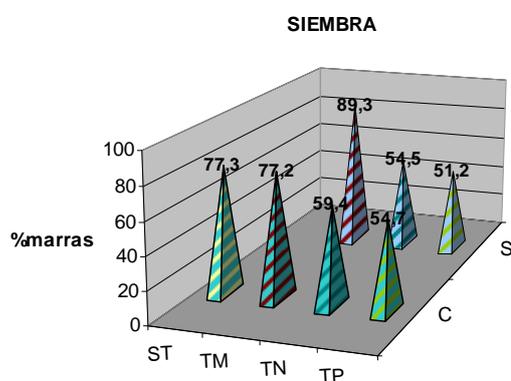


Gráfico 7

Figura 6. Influencia de los factores preparación y tubo en la variable %marras en siembra en la parcela 1.

Leyenda Figuras 3, 4, 5 y 6 : Cs: *Castanea sativa* ST: Sin tubo protector Pp: *Pinus pinaster* TN: Tubo normal
C: Casillas Qi: *Quercus ilex* TP: Tubo perforado S: SPS Qp: *Quercus pyrenaica* TM: Tubo marrón

Tabla 1. Resumen de las parcelas finalmente ejecutadas. (ST:sin tubo, TN:tubo normal, TP:tubo perforado, TM: tubo marrón, N: n° de plantas/hoyos/casillas definitivos).

	SUBPARCELA	TÉCNICA	ESPECIES	TUBO	ÁREA (ha)	N
PARCELA 1 (ladera y vaguada)	1.1	Fajas subsoladas	<i>Pinus pinaster</i> <i>Quercus ilex</i> <i>Castanea sativa</i> <i>Quercus pyrenaica</i>	ST TP	0.09	397
	1.2	Banquetas retroaraña	Todas las del Grupo I (vaguada)	ST TP	0.92	715
	1.3		<i>Pinus pinaster</i> <i>Quercus ilex</i> <i>Quercus pyrenaica</i>	ST TP		299
	1.4	Ahoyado con barrena	Todas las del Grupo I (vaguada)	ST TP	1.32	701
	1.5		<i>Pinus pinaster</i> <i>Quercus ilex</i> <i>Quercus pyrenaica</i>	ST TP		273
	1.6	SPS	<i>Pinus pinaster</i> <i>Quercus ilex</i> <i>Castanea sativa</i> <i>Quercus pyrenaica</i>	TN TP TM	0.32	543

	1.7	Casillas	<i>Pinus pinaster</i> <i>Castanea sativa</i>	<i>Quercus ilex</i> <i>Quercus pyrenaica</i>	ST TN TP TM	0.39	741
PARCELA 2 (ladera)	2.1	Banquetas retroaraña	<i>Pinus pinaster</i> <i>Castanea sativa</i>	<i>Quercus ilex</i> <i>Quercus pyrenaica</i>	ST TP	0.46	379
	2.2	Ahoyado con barrena	<i>Pinus pinaster</i> <i>Castanea sativa</i>	<i>Quercus ilex</i> <i>Quercus pyrenaica</i>	ST TP	0.13	389
	2.3	SPS	<i>Pinus pinaster</i> <i>Castanea sativa</i>	<i>Quercus ilex</i> <i>Quercus pyrenaica</i>	TN TP TM	0.32	513
	2.4	Casillas	<i>Pinus pinaster</i> <i>Castanea sativa</i>	<i>Quercus ilex</i> <i>Quercus pyrenaica</i>	ST TN TP TM	0.39	760
PARCELA 3 (vaguada)	3.1	Ahoyado con barrena	Todas las del Grupo I (vaguada)		ST TP	0.76	759
	3.2	SPS	<i>Castanea sativa</i>		TN TP TM	0.07	150
	3.3	Casillas	<i>Castanea sativa</i>		ST TN TP TM	0.12	200
PARCELA 4 (ladera)	4.1	Banquetas retroaraña	<i>Pinus sylvestris</i>		ST TP	0.07	100
	4.2	Ahoyado con barrena	<i>Pinus sylvestris</i>		ST TP	0.06	100
	4.3	SPS	<i>Pinus sylvestris</i>		TN TP TM	0.05	142
	4.4	Casillas	<i>Pinus sylvestris</i>		ST TN TP TM	0.08	193