

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

INGENIERIA TECNICA FORESTAL, especialidad en Explotaciones Forestales

---



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



ESCUELA POLITÉCNICA  
SUPERIOR DE GANDIA

**“Evaluación a medio plazo del efecto de waterboxx sobre la supervivencia y el incremento de biomasa en repoblación forestal”**

TRABAJO FINAL DE CARRERA

Autor / s:

**ENRIC BAS PLA**

Director / s:

**ANTONIO D. del CAMPO GARCÍA**

**GANDIA, 2013**

# INDICE

1. INTRODUCCION.....	2
2. OBJETIVOS.....	5
3. MATERIALES Y METODOS.....	6
3.1 Descripción general de la zona de estudio.....	6
3.2. Elección y justificación del sitio de ensayo.....	7
3.3. Caracterización de la zona de estudio (Estudio del medio físico).....	9
3.4. Diseño experimental y plantación.....	12
3.5. Instrumentalización y seguimiento del ensayo.....	14
3.6. Evolución de la supervivencia y crecimiento en biomasa...18	
3.7. Tratamiento y manejo de los datos.....	17
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	19
5. CONCLUSION.....	26
6. AGRADRECIMIENTOS.....	27
7. BIBLIOGRAFIA.....	28

## 1. INTRODUCCION:

La restauración forestal persigue la recuperación de terrenos forestales que han sufrido algún proceso de degradación mejorando su calidad ambiental, restableciendo sus funcionalidades y favoreciendo su evolución dinámica hacia etapas más estables y maduras ecológicamente. El monte mediterráneo alberga una gran diversidad biológica, pero a su vez presenta una gran vulnerabilidad ante cualquier agresión, ya sea debida a agentes naturales o a una inadecuada interacción del ser humano con el medio. La desertificación es el proceso por el cual terrenos donde antes existían suelos fértiles se convierten, con el paso del tiempo y por causas antropogénicas, en terrenos estériles, desérticos o semidesérticos.

El proceso de repoblación forestal es bastante complejo, ya que implica numerosos factores, cada uno de los cuales debe ser comprendido de forma individual, y conocidas sus relaciones con otros factores con los cuales interactúa. La forma de evaluar de manera integral el resultado de estos factores es mediante el control de calidad. La respuesta de la planta en una estación particular va a depender de la capacidad de respuesta a unas condiciones ambientales limitantes, y de la forma en como esas condiciones limitan su supervivencia y crecimiento, o bien pueden ser modificadas para mejorar su arraigo.

Las actividades culturales propias de las repoblaciones (ej. procedimiento de preparación, control de la vegetación, cuidados culturales, etc.) van a influir de manera directa en el éxito de la misma. La adecuada ejecución y el control de las mismas van a permitir mejorar el éxito de las repoblaciones, pero también ayudan a identificar las causas de las pérdidas producidas, y por tanto corregir defectos que condicionan su éxito final. Frente a estas necesidades aparece un nuevo método llamado Waterboxx.

Los Waterboxx pueden estar relacionados con las técnicas culturales, ya que tienen como función buscar un elevado porcentaje de supervivencia favoreciendo un mayor desarrollo tanto en la parte aérea como en el sistema radicular, asegurando así una rápida evolución de la cubierta arbórea, de hecho 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, si bien no existen estudios contrastados. Su fabricante, ©AquaPro, ha realizado parcelas experimentales en otras regiones de la Península, como en Monegros (Zaragoza), Matallana (Valladolid), Girona, etc. En los estudios previos ya realizados se han obtenido resultados con una supervivencia de casi el 100%, en plantones sanos plantados correctamente en los WB.

Con este preámbulo se planteó un estudio en zonas de la Comunidad Valenciana para evaluar la posible respuesta al uso de WB en dos especies forestales con comportamiento ecofisiológico muy diferente frente al establecimiento, el pino carrasco (*Pinus halepensis*) y la carrasca (*Quercus ilex subs.rotundifolia*), comúnmente empleadas en programas de reforestación en la zona levantina.

.

## 2. OBJETIVOS:

En la primera parte del Trabajo se planteó un estudio con los siguientes objetivos **(Guillermo Mercé, 2013)**:

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).

En esta segunda parte del Trabajo se planteó los siguientes objetivos:

1. Evaluar la supervivencia de los plantones forestales de pino carrasco y carrasca, durante el segundo año de repoblación en condiciones contrastadas de sitio (zona adversa y muy adversa). Esta evaluación es muy importante pues se realiza una vez ha pasado un año de la retirada del WB.
2. Evaluar el incremento de la Biomasa de las diferentes partes de las plantas, según especies, tratamientos y zona; al finalizar el año de la plantación y por tanto, al fin del tratamiento del WB.

### **3. MATERIALES Y METODOS:**

#### **3.1 Descripción general de la zona de estudio**

El trabajo realizado comenzó en el año 2011 en la Serra de la Ombría (T.M. Ontinyent, Valencia), dentro del monte de utilidad pública número V012, con denominación "La Umbría" en dos parcelas ubicadas en los parajes Corral Pla de les Simes (38°46'24"N y 0°42'31"W) y La Soterraña (38°46'24"N y 0°38'31"W), a 680 y 690 m.s.n.m. respectivamente.

El termotipo es mesomediterráneo y el ombrotipo seco (precipitación anual 521 mm, de los cuales 65 mm son estivales; temperatura media anual 13.9 °C). 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 ( $\pm 4.9$  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. Elección y justificación del sitio de ensayo**

El municipio de Ontinyent sufrió el 6 de Septiembre de 2010 un incendio que afectó cerca del 50% de su superficie forestal. Siendo la magnitud del incendio de 2.512,06 ha., repartidas entre monte arbolado y no arbolado.

A este tipo de incendios se les denomina Grandes Incendios Forestales (GIF), cuando la superficie de afección es superior a 500 hectáreas. El de Ontinyent es uno de los 11 GIF ocurridos en 2010, que arrasaron un total de 54.769,88 ha. en el conjunto del estado. Concretamente en el mes de Septiembre la Comunidad Valenciana sufre 2 incendios forestales de estas características, el de Ontinyent y el de Rafelguaraf, que afectó a 2.059,35 ha. El incendio fue intencionado y se propagó por los términos municipales de Ontinyent, Agullent, Alfara, Bocairent y Albaida. Siendo el municipio de Ontinyent el que se vio más afectado. Anteriormente la superficie forestal del municipio ya se había visto fuertemente afectada por los incendios de 1994, quemándose 6.000 ha. (equivalente al 95% de su superficie forestal). El incendio de 2010, por tanto, afecta a una zona cuya vegetación se encontraba en un proceso regenerativo, todavía muy lejos de su vegetación potencial. Ante la necesidad de recuperar este terreno degradado y la no satisfactoriedad de los cuidados culturales empleados hasta el momento en la Comunidad Valenciana, se opta por utilizar la técnica del WB. Estudios del funcionamiento hídrico en repoblaciones con WB en otras regiones, han tenido como respuesta supervivencias muy altas. Este dato, de inicio resulta muy esperanzador, y si se confirmara para las características edáficas predominantes en las estaciones de la Comunidad Valenciana, supondría un aumento del éxito en las repoblaciones, ya que se evitaría la reposición de marras, que en este tipo de repoblaciones alcanza porcentajes cercanos al 50%. Este aumento en la supervivencia se traduciría en un mayor número de plantas arraigando en el suelo y por tanto fijándolo, disminuyendo de este modo la erosión y las pérdidas del suelo. Los terrenos forestales de la Comunidad Valenciana se caracterizan por su escasa profundidad y su abundante roca madre en superficie. Estas características obligan necesariamente a testar experimentalmente la idoneidad del WB para estas condiciones. Para tal fin, el ensayo se ha dividido en dos zonas de estudio, una cubierta de matorral de 1 metro, y otra con el suelo desnudo por el incendio anteriormente explicado.

Ambas zonas presentan suelos calizos, escasos, muy erosionables y con ausencia de vegetación arbórea. En el caso de la zona con matorral o "NQ", fue afectada por incendios anteriores y su vegetación se encuentra en estadios sucesionales muy alejados de su vegetación climática. Su composición florística en el momento de la intervención era abundante en vegetación arbustiva, recubriendo casi la totalidad del terreno, siendo la especie predominante *Quercus coccifera*, además incluía diversas especies de matorral, y multitud de herbáceas. Las especies de porte arbustivo eran escasas o incluso inexistentes, encontrando algún enebro y algún pino de pequeño porte. La repoblación en "NQ" pretende constatar la respuesta del WB en terrenos que, después de una afección, han producido regenerado y cobertura del suelo, pero carecen casi completamente de especies arbóreas, y se convierte en necesaria la plantación artificial de estas especies para acercar más rápidamente el sistema a su vegetación climática, y con esto asegurar su estabilidad a largo plazo. En el caso de "Q", el argumento es bien distinto. Después de un incendio, el ecosistema queda fuertemente afectado, y acto seguido comienzan a manifestarse sucesos erosivos muy importantes que debilitan aún más la capacidad regenerativa del medio, y hacen peligrar la capacidad colonizadora de las especies vegetales. Uno de estos sucesos erosivos más habituales son las lluvias otoñales, que en zonas incendiadas en verano, arrastra la tierra y materia orgánica superficial. Generalmente no se realiza una repoblación en una zona afectada por incendio sin esperar al menos un par de años a ver la respuesta del ecosistema, es decir, ver si se produce una buena regeneración natural que evite las labores de repoblación. Pero en este caso concreto, lo que se ha realizado es un ensayo científico de la respuesta de las plantas en los WB en zonas recientemente incendiadas, comprobando si facilita el arraigo y aumenta la supervivencia, o lo que es lo mismo, disminuye las marras. Por tanto las zonas elegidas para el estudio, se corresponden con dos de los escenarios más comunes en repoblaciones protectoras; repoblaciones sobre cubierta o de mejora, en el caso de "NQ", cuyo objetivo es incrementar la madurez del sistema o bien de conducirlo a un determinado estadio de la sucesión vegetal; y repoblaciones para protección de suelos contra la erosión, como es el caso de "Q"

### 3.3 Caracterización de la zona de estudio (Estudio del medio físico)

#### **Clima**

Es de gran importancia para el establecimiento de una repoblación conocer los datos climáticos de la zona donde se va a ejecutar el proyecto. El desarrollo de las diferentes especies encuentra su óptimo entre unos rangos de precipitación y temperatura, por encima de los cuales no va a desarrollarse. De este modo, según las temperaturas máximas y mínimas del lugar, la precipitación total, así como su régimen de distribución a lo largo del año, se llevará a cabo la elección de especie. Buscando aquéllas que por su morfología y fisiología puedan desarrollarse en condiciones óptimas. En la **figura 3** se puede observar el rango de temperaturas extremas registradas a lo largo de los años del estudio, siendo un factor limitante en el desarrollo de las plantas, a tener en cuenta en la elección de especie para la repoblación.

En este sentido también se debe resaltar la precipitación como el mayor de los factores limitantes al desarrollo de la vegetación. La zona de estudio se encuentra dentro del ombrotipo seco, ya que sus precipitaciones medias anuales están comprendidas entre 350 y 600 mm/año. Cabe destacar que la característica más representativa del clima Mediterráneo, es la ausencia casi completa de precipitaciones durante los meses de verano, conocida como sequía estival, y que constituye el mayor limitante hídrico anual para el desarrollo de la vegetación. Reduciendo de este modo el número de especies capaces de adaptarse a éstas limitaciones. La sequía estival es un factor clave en la elección de especie, ya que el número de especies de porte arbóreo adaptadas fisiológicamente a fuertes limitaciones hídricas durante los meses de mayor insolación, es reducido. La vegetación de tipo arbóreo que se podrá desarrollar en la zona de estudio estará limitada por unas precipitaciones medias anuales de 521mm, un Índice de termicidad (It) de 337, y un período de sequía estival que comprende los meses de Junio, Julio y Agosto, estando compuesta principalmente por pino carrasco (*Pinus halepensis*) y carrasca (*Quercus rotundifolia*).

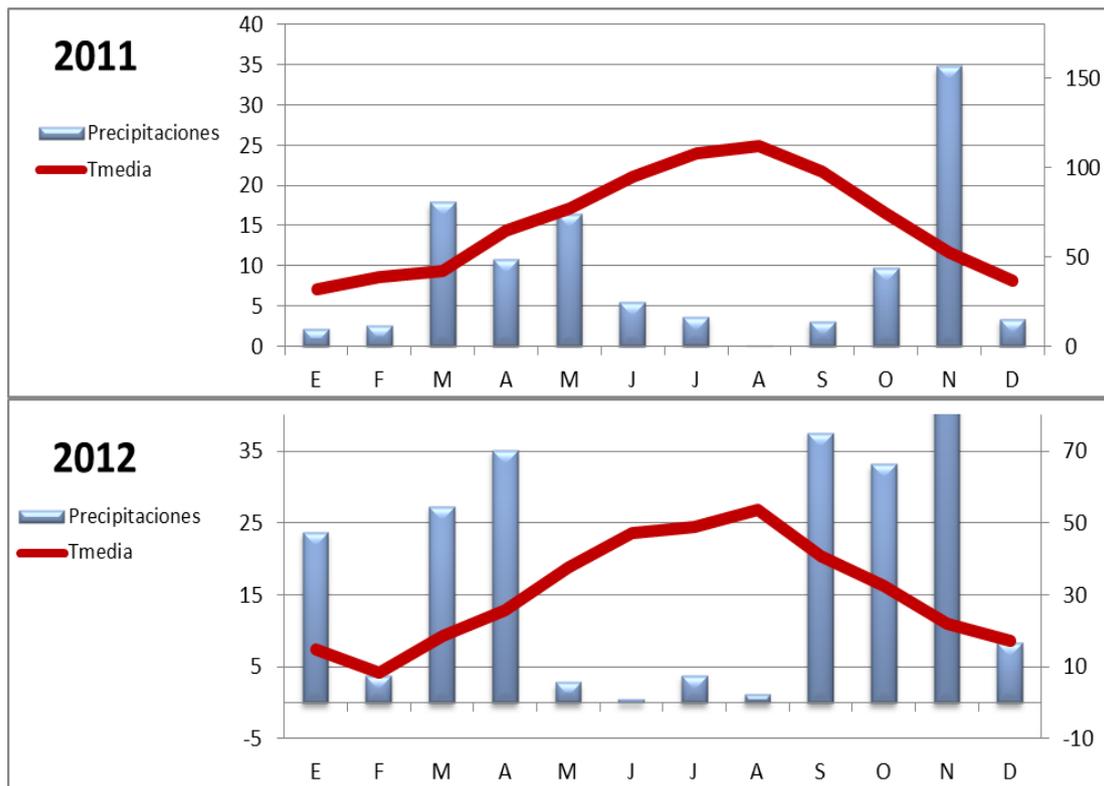


Figura 3: Información climatológica diaria correspondiente a los años de estudio (Temperaturas medias y precipitaciones).

## Vegetación

Para la determinación de la serie de vegetación a la cual pertenecen ambas zonas, se va a recurrir a la "Memoria del Mapa de Series de Vegetación de España" de Salvador Rivas-Martínez. La vegetación de Ontinyent se encuentra jerárquicamente caracterizada del siguiente modo: Reino Holártico (en base a criterios altitudinales y latitudinales), Región Mediterránea, subregión Mediterráneo Occidental, Superprovincia Valenciano-Catalano-Provenzal, y Sector Setabense. Nuestra zona de estudio se encuentra dentro del Piso Mesomediterráneo, en la Serie de los carrascares mesomediterráneos, dentro de la "Serie termo-mesomediterránea valenciano-tarraconense murciano-almeriense basófila de la carrasca (*Quercus rotundifolia*). *Rubio longifoliae-Querceto rotundifoliae sigmetum*". Las series mesomediterráneas de la carrasca rotundifolia o carrasca (*Q. rotundifolia*), corresponden en su etapa madura o clímax a un bosque denso de carrascas que en ocasiones puede albergar otros árboles (enebros, quejigos, alcornoques, etc.) y que posee un sotobosque arbustivo en general no muy denso.

El termoclima oscila de los 17° a los 12° C y el ombroclima, sobre todo seco, puede llegar con frecuencia al subhúmedo. La etapa de sustitución de la máquia o garriga está generalizada y formada por especies como *Quercus coccifera*, *Phillyrea angustifolia*, *Jasminum fruticans*, *Arbutus unedo*, *Rhamnus alaternus*, etc. Estos arbustos o árboles desaparecen o tienden a desaparecer al incrementarse el rigor invernal y algunos de ellos resultan ser buenos bioindicadores del límite superior del piso mesomediterráneo, como también lo son otros árboles cultivados (*Olea europea*, *Pinus halepensis*, etc.).

La vegetación de Ontinyent se encuentra representada dentro de la serie 27c.Iberolevantina de la carrasca. Su vegetación estará formada en su fase más degradada por pastizales con *Brachypodium ramosum*, *Sedum sediforeme*, etc. En su fase de matorral degradado, por *Ulex parviflorus*, *Erica multiflora*, *Thymus piperella*, *Helianthemum lavandulifolium*, etc. En su fase matorral denso por, *Hedera helix*, *Genista valentina*, etc. Y por último en su fase bosque o vegetación climácica por, *Quercus rotundifolia*, *Rubia longifolia*, *Quercus coccifera*, y *Smilax aspera*. Siendo la vegetación climácica del lugar, es decir la vegetación máxima que puede desarrollarse en estos terrenos.

Cabe tener en cuenta que no se hace referencia a los pinos ni se los incluye en la vegetación climácica, pero en muchas estaciones este supone el mayor grado al que llega el desarrollo potencial de la vegetación, por lo que debería de incluirse como vegetación climácica. Se entiende por tanto que para el caso concreto de Ontinyent, la vegetación climácica se encuentra formada además de las especies anteriormente citadas, por *Pinus halepensis*.

En el presente estudio, se va a efectuar la repoblación en dos escenarios diversos, un terreno con vegetación (NQ) y otro completamente desnudo (Q). El terreno con vegetación, se encontraría en la serie del matorral degradado, con especies como, además de las citadas, *Quercus coccifera*, *Juniperus oxycedrus*, *Rosmarinus Officinalis*, *Thymus vulgaris*, etc. Siendo el objetivo de la repoblación acercar la composición florística hacia estadios más desarrollados, con la aparición de *Quercus rotundifolia* y *Pinus halepensis* (figura 4).



Figura 4: Plantas extraídas del vivero (*Quercus ilex* y *Pinus halepensis*)

El terreno desnudo, según las series sucesionales no se encontraría en ningún momento de la sucesión, sino en el momento previo a ser colonizado por pastizales, y especies pioneras que cubran en mayor o menor medida la superficie del terreno.

### **3.4 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) procedentes del vivero de La Hunde (Ayora, Valencia) y siendo la semilla de procedencia local. No obstante, la calidad de la planta no fue homogénea en pino carrasco, y en el caso de la parcela no quemada tenía unas dimensiones mayores que la de la zona quemada.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar, de modo que fueran lo más homogéneos posible en cuanto a orientación, pendiente, tipo de 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 carrasca en idéntica proporción (Figura 5). 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 carrasca en idéntica proporción, en mezcla íntima (Figura 5). En total se utilizaron 260 WB, 130 por parcela o sitio de ensayo.

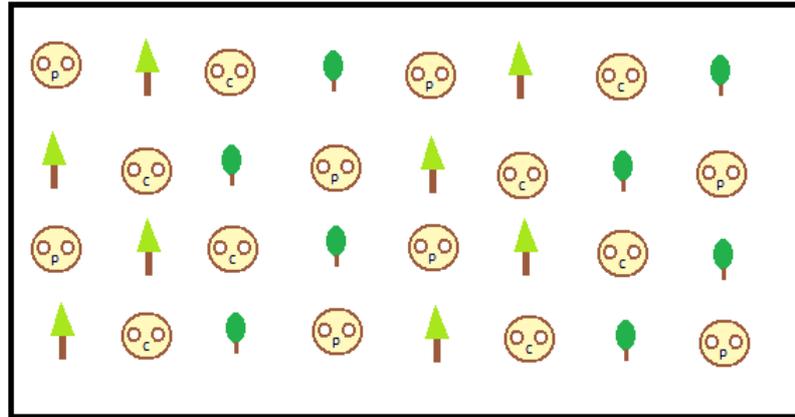


Figura 5. Distribución en mezcla íntima pie a pie.

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

### **3.5 Instrumentalización y seguimiento del ensayo**

Los pasos llevados a cabo en el ensayo se componen de: preparación del terreno, plantación y mediciones. Las mediciones han sido efectuadas sobre las plantas y sobre los rendimientos de plantación **(Guillermo Mercé, 2013)**

#### **1. Preparación del terreno:**

La preparación del terreno se ha ejecutado de modo diverso para ambas zonas, siendo mecanizada en la NQ y manual en la Q.

La preparación del terreno en la NQ se ha realizado con una retroexcavadora con cazo. En la elección del lugar de plantación, el principal criterio ha sido respetar aquéllas formaciones ya existentes, y colocar los plantones en los emplazamientos no ocupados por la regeneración natural. Otro criterio añadido ha sido disponer los plantones de pino carrasco en zonas luminosas, por tratarse de una especie de luz, y los plantones de carrasca en zonas más protegidas, por tratarse de especies de media sombra.

En cuanto a los operarios, para las labores de plantación fueron necesarios 2 plantadores, un maquinista para la retroexcavadora y un operario que lo guiaba, además de un conductor de cuba. Sumando en total 5 operarios **(Figura 7)**.

La preparación del terreno en la Q se ha realizado manualmente, con azadas. Ante la imposibilidad de utilizar maquinaria en zonas incendiadas y debido a la abundante pedregosidad superficial, la azada se convierte en un instrumento muy preciso a la hora de hacer el ahoyado para los plantones, ya que puede acceder a esas pequeñas bolsas de suelo, donde las especies tendrán más posibilidad de desarrollar un buen sistema radical, y aumentar su supervivencia. En cuanto a los operarios, para las labores de plantación en esta zona fueron necesarios 3 operarios plantando y un conductor de cuba. Sumando en total 4 operarios.



*Figura 7. Detalle de la retroexcavadora (izquierda) y aspecto del terreno pedregoso (derecha)*

## **2. Plantación:**

Para la plantación se ha utilizado en ambas zonas la ayuda de la azada, pero la plantación ha sido manual, ya que la pedregosidad del terreno no permite otro medio manual de plantación. Los plantones plantados con WB han necesitado además de la preparación del terreno y el plantado, un montaje de los WB previo, así, la plantación en este caso, se compone de varias fases, correspondientes a: preparación del terreno, montaje del WB, transporte del WB del lugar de montaje hasta el hoyo correspondiente, plantación de la plántula y aporcado del WB. Por tanto, la técnica de plantación con WB requiere de mayores tiempos que la plantación de los testigos con castillete de piedras.

### 3. Mediciones:

En el caso de las mediciones en planta, para verificar el efecto del WB se medirán:

- a) en la planta: la altura, el diámetro del tallo a 1 cm del suelo, la supervivencia y el estado general del primer año.
- b) en el WB/suelo: contenido de humedad con TDR, altura de la lámina de agua dentro del WB, funcionamiento hídrico y estado del WB. Todos los datos medidos serán registrados en unos estadillos para su posterior tratamiento

**(Guillermo Mercé, 2013).**

Los aparatos de medida utilizados para las diferentes medidas realizadas sobre las plantas han sido respectivamente: para las alturas cintas métricas; para los diámetros en el cuello de la raíz así como la altura de la lámina de agua dentro del WB, un pie de rey; para la humedad en el suelo un TDR y sondas de humedad del suelo (Figura 8).



*Figura 8. Detalle del TDR (Reflectometría de Dominio Temporal)*

### **3.6 Evolución de la Supervivencia y crecimiento en Biomasa**

En el trabajo de Guillermo Mercé (2013), se estudió los Rendimientos de plantación y el Funcionamiento hídrico del WB; en este caso, vamos a tratar con la supervivencia medida el último año (Evolución a medio plazo) y con el estudio del crecimiento en biomasa.

**Supervivencia:** La retirada de los WB se realizó en enero del 2012. Para obtener los datos de supervivencia una vez se retiró el WB, se fue a las parcelas con fecha del 17/02/2013, se anotó la supervivencia y el estado general de las plántulas en el estadillo de campo, observando así, a medio plazo de todo el estudio, la evolución que han tenido el pino carrasco y la carrasca en la repoblación, comparando entre tratamientos (WB: Waterboxx©; T: testigos) y parcelas (Quemada y No quemada).

**Biomasa:** A fin de explicar diferencias entre los tratamientos es fundamental conocer los incrementos de biomasa de las plantas. Con este fin, en enero del 2012, coincidiendo con la retirada de los WB, se extrajeron plantas de los dos tratamientos, especies y parcelas a fin de estimar esta variable. El trabajo que se realizó para el estudio de la biomasa fue el siguiente; se recogieron 50 plantas repartidas entre las 2 especies, la recogida del material se realizó mediante un azada, con precaución de que la extracción fuese limpia, es decir, que obteníamos las muestras en perfecto estado; cada muestra se fracciona en diferentes partes, por parte aérea, tallo y sistema radical. Una vez obtenido el material se pasó a secar en estufa a 65° durante 48 horas, una vez deshidratado se pesó a una precisión de 0.001g el peso seco. En la tabla 1 se puede observar los resultados obtenidos de cada fracción; según tratamiento y especie; aunque por falta o fallecimiento de plántulas nos faltan los datos de Carrasca en los 2 tratamientos de la parcela quemada.

SP	TRAT	HOJAS	TALLO	foliar +tallo	peso raíz	Peso total planta
C	T-NQ	1,04	1,32	2,36	4,97	7,33
C	WB-NQ	2,20	2,43	4,57	6,39	10,96
P	T-NQ	2,29	2,36	3,44	2,91	6,35
P	WB-NQ	2,80	1,52	4,32	2,83	7,14
P	T-Q	2,91	1,12	4,03	2,55	6,57
P	WB-Q	3,94	2,21	6,09	2,73	8,82

*Tabla 1. Resultados obtenidos de la biomasa de cada fracción de las plántulas por especie (Carrasca y pino carrasco), tratamiento (Testigo o WB) y zona (Quemada y No quemada)*

### **3.7 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, la parcela y el bloque). 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 Y DISCUSION

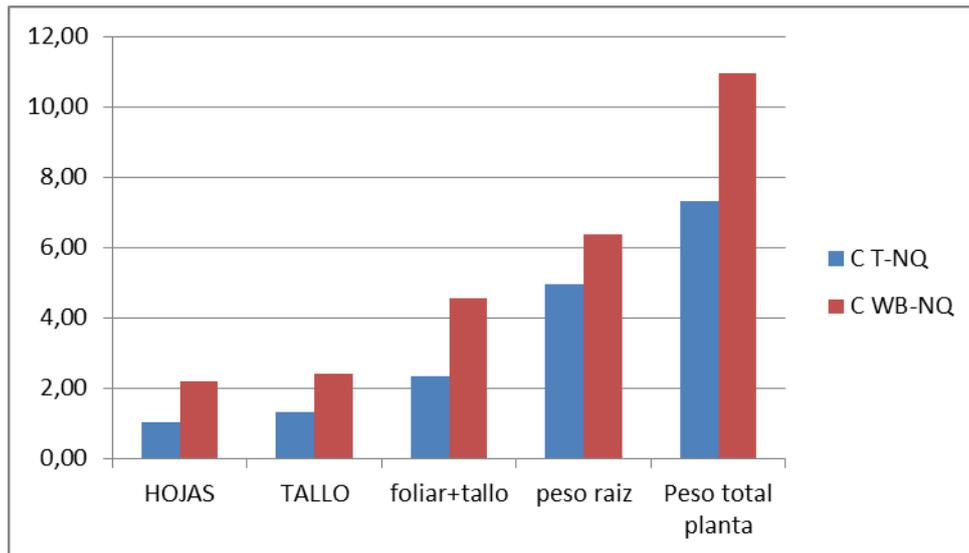
### 4.1. Crecimiento en biomasa al cabo del primer año de plantación

En la tabla 1 se puede observar los resultados obtenidos de cada fracción, según tratamiento y especie; aunque por fallecimiento de plántulas nos faltan los datos de Carrasca en los dos tratamientos de la parcela quemada.

<u>SP</u>	<u>TRAT</u>	<u>HOJAS</u>	<u>TALLO</u>	<u>foliar +tallo</u>	<u>peso raíz</u>	<u>Peso total planta</u>
<u>C</u>	<u>T-NQ</u>	<u>1,04</u>	<u>1,32</u>	<u>2,36</u>	<u>4,97</u>	<u>7,33</u>
<u>C</u>	<u>WB-NQ</u>	<u>2,20</u>	<u>2,43</u>	<u>4,57</u>	<u>6,39</u>	<u>10,96</u>
<u>P</u>	<u>T-NQ</u>	<u>2,29</u>	<u>2,36</u>	<u>3,44</u>	<u>2,91</u>	<u>6,35</u>
<u>P</u>	<u>WB-NQ</u>	<u>2,80</u>	<u>1,52</u>	<u>4,32</u>	<u>2,83</u>	<u>7,14</u>
<u>P</u>	<u>T-Q</u>	<u>2,91</u>	<u>1,12</u>	<u>4,03</u>	<u>2,55</u>	<u>6,57</u>
<u>P</u>	<u>WB-Q</u>	<u>3,94</u>	<u>2,21</u>	<u>6,09</u>	<u>2,73</u>	<u>8,82</u>

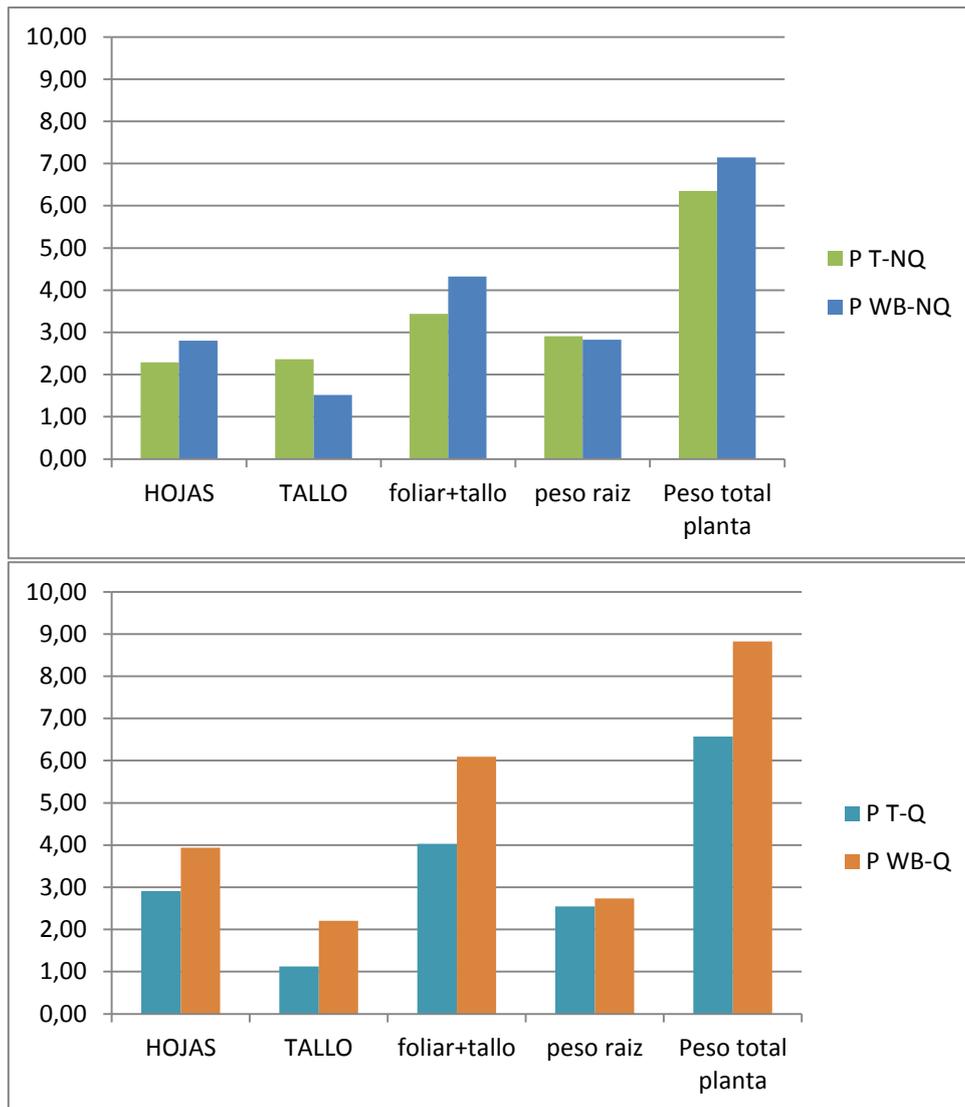
*Tabla1. Resultados obtenidos de la biomasa de cada fracción de las plántulas por especie (Carrasca y pino carrasco), tratamiento (Testigo o WB) y zona (Quemada y No quemada)*

En el estudio del crecimiento en Biomasa hemos obtenido unos resultados sobre las diferentes partes estudiadas (hojas, tallo, raíz, hojas + tallo y el peso total de la planta), que concretamente en la especie de carrasca, solo hemos podido extraer datos de la zona no quemada. (Grafica 1), por consiguiente no podemos realizar una comparativa de la especie carrasca entre parcela No quemada y Quemada.



Grafica 1. Crecimiento en Biomasa de carrasca (C) en parcela No quemada (NQ). Unidades en g.

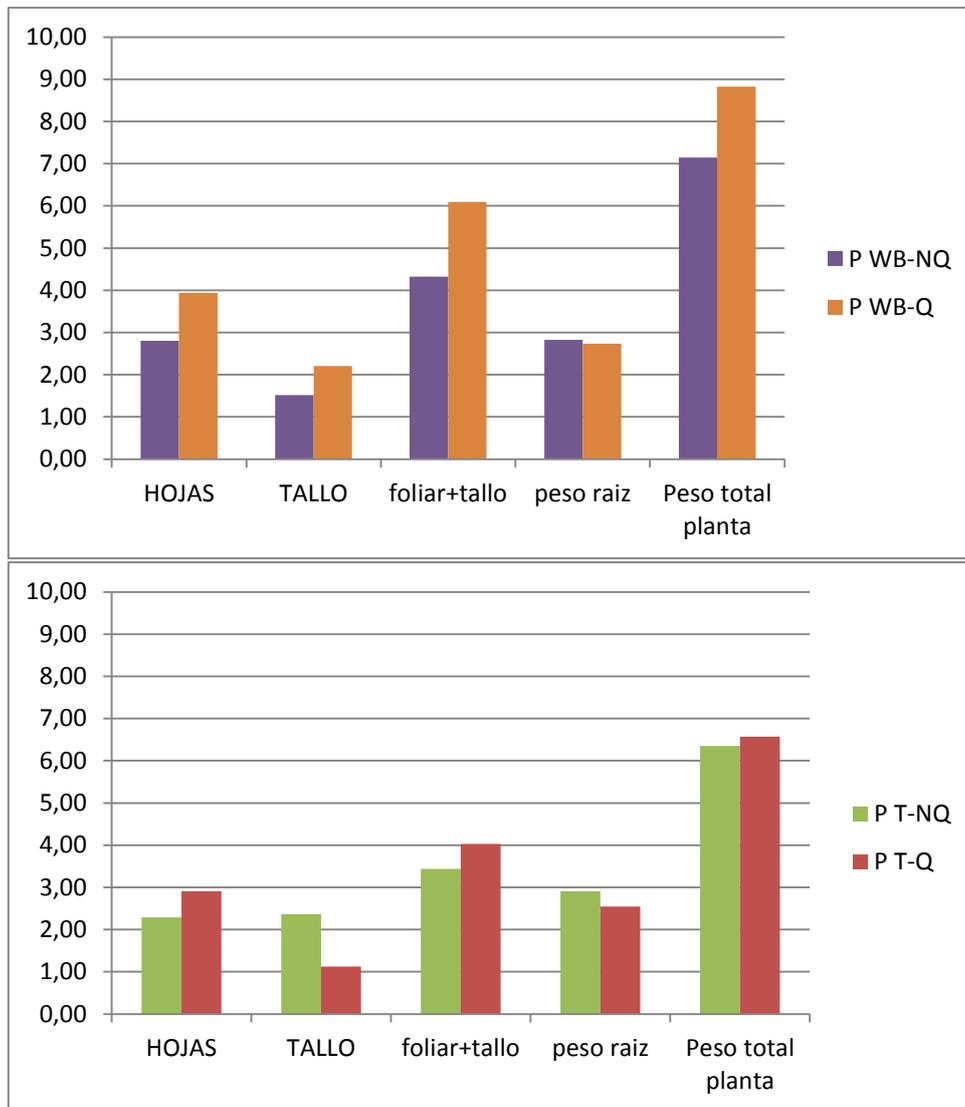
Por otra parte, se ha realizado una comparativa sobre la especie pino carrasco entre parcelas (Grafica 2). En la cual podemos observar que, en un principio sí que se notan mejoras más positivas sobre el tratamiento de waterboxx que en el de testigos. Así que haciendo hincapie en el trabajo de guillermo merce (2013) podemos afirmar que el tratamiento de Waterboxx no ha sido del todo eficiente ya que si comparamos entre el peso de raiz y todo lo foliar mas el tallo, encontramos una notable diferencia, de la cual podemos deducir que la efectividad no ha sido completa, ya que lo que se busca en una repoblacion del 1er año, es que las plantulas hagan un buen arraigo, para posteriormente sobrevivir y seguir adelante con su ciclo de vida.



Grafica 2. Crecimiento en Biomasa de pino carrasco (P) en parcela No quemada (NQ) y Quemada (Q). Unidades en g.

En un segundo caso se ha realizado una comparativa entre tratamientos (WB: Waterboxx®; T: testigos) y no como anteriormente por parcelas (Grafica 3) y en este caso también podemos observar una pequeña diferencia positiva del WB, aunque al igual que antes, tenemos una diferencia importante entre la parte radical y la parte aérea, incluso más notablemente porque si nos fijamos en la parte de las hojas vemos que son superiores. Estos resultados afirman que entre la parte radical y la parte aérea guarda una relación con la supervivencia, es decir, teniendo ratios de parte radical/parte aérea más crecidos, podrían

alcanzar niveles de suelo más profundos y así suponer una ventaja para la supervivencia de las plantas.



Grafica 3. Crecimiento en Biomasa de pino carrasco (P) según tratamiento (WB: Waterboxx©; T: testigos) en parcela No quemada (NQ) y Quemada (Q). Unidades en g.

## 4.2. Evolución de la plantación

Con referencia al primer trabajo (**Guillermo Mercé, 2013**) o estudio, sí que se puede constatar que los resultados obtenidos sobre el efecto del WB en la supervivencia fueron, en general positivos, aunque matizables. Se puede observar que tiene un efecto más positivo en la carrasca que en el pino carrasco, aunque se muestran diferencias entre parcelas, es decir, en la parcela No quemada tiene más éxito ambas especies que en la que en la quemada. (Figura 5 y 6)

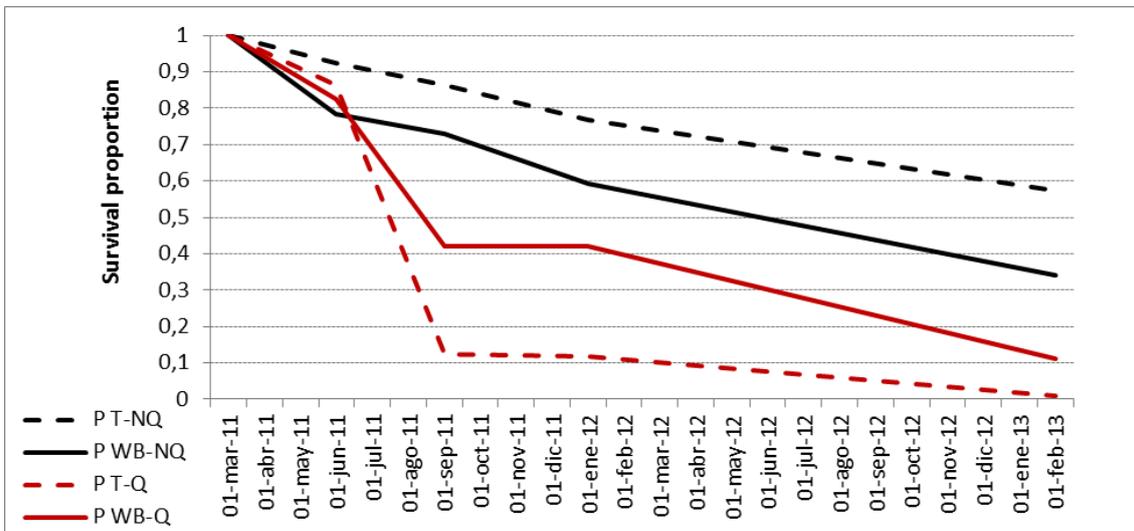


Figura 5. Evolución temporal del pino carrasco (P) en la parcela Quemada (Q) y No quemada (NQ). WB: Waterboxx©; T: testigos

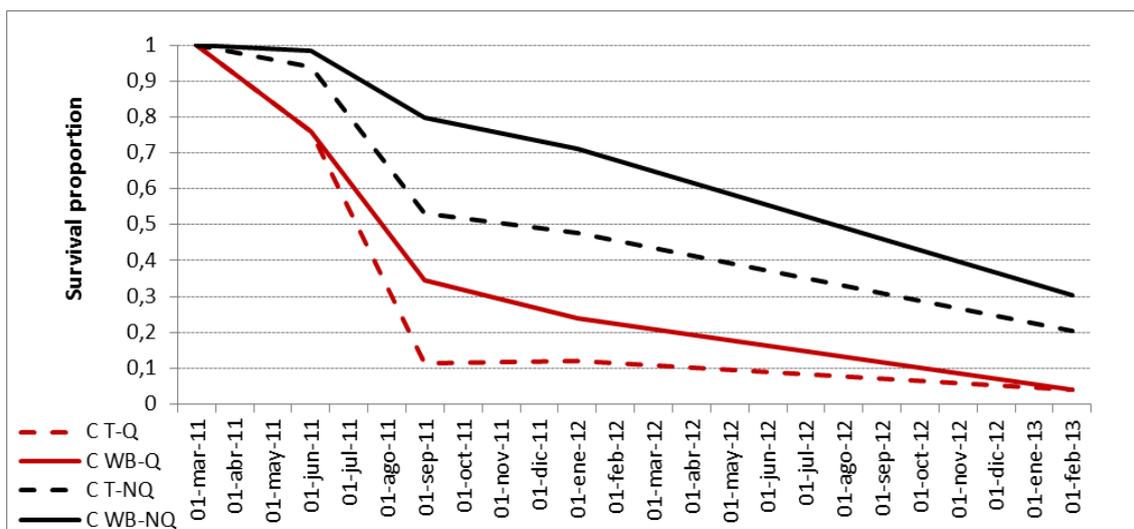


Figura 6. Evolución temporal de carrasca (C) en la parcela Quemada (Q) y No quemada (NQ). WB: Waterboxx©; T: testigos

En la parcela No quemada desde enero '12 hasta el febrero '13 (Figura 7) muestra que en ambas especies y con el tratamiento de waterboxx tuvo un descenso apreciable e incluso en la carrasca, el testigo podría tener una mejor evolución en la supervivencia de las plantas.

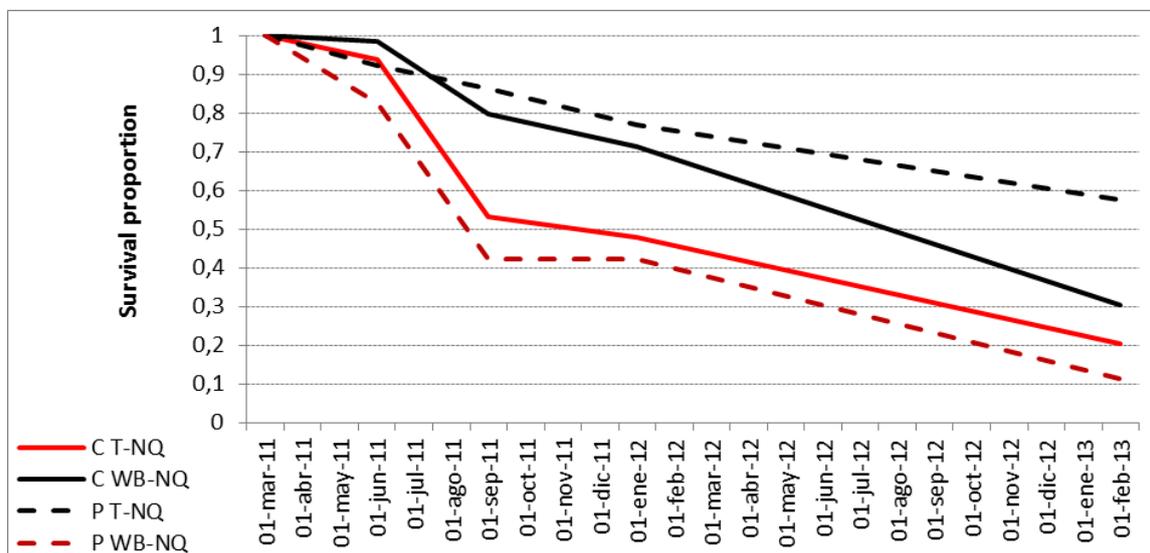


Figura 7. Evolución temporal de la supervivencia de plantones de pino carrasco (P) y carrasca (C), en la parcela No quemada (NQ). WB: Waterboxx®; T: testigos

Un inconveniente en la repoblación o reforestación del estudio y concretamente en el caso en el que el testigo supera al tratamiento de WB. Se puede corroborar que las plantas con mayores dimensiones y con plena disponibilidad de luz solar, pueden mostrar una mayor supervivencia con WB en la parcela quemada; caso contrario al nuestro el 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.

Por otra parte, este resultado puede venir también determinado, por la situación de los plantones, recogidos del vivero. Ya que en climas mediterráneos, el factor raíz, en cuanto a calidad y cantidad se refiere, es determinante para el arraigo y la supervivencia de la planta en el terreno. Este hecho es especialmente problemático para el pino carrasco respecto a la carrasca, habiéndose probado la disminución del crecimiento radical y por tanto su tasa de arraigo

En la zona quemada (Figura 8) se observa que tuvo peor evolución en ambas especies. La carrasca en tratamiento Waterboxx en esta parcela (Q) tuvo una supervivencia inferior al pino carrasco en WB, también se ve que el testigo de carrasca pueda superar a la carrasca en WB, más por la deficiente supervivencia de ésta.

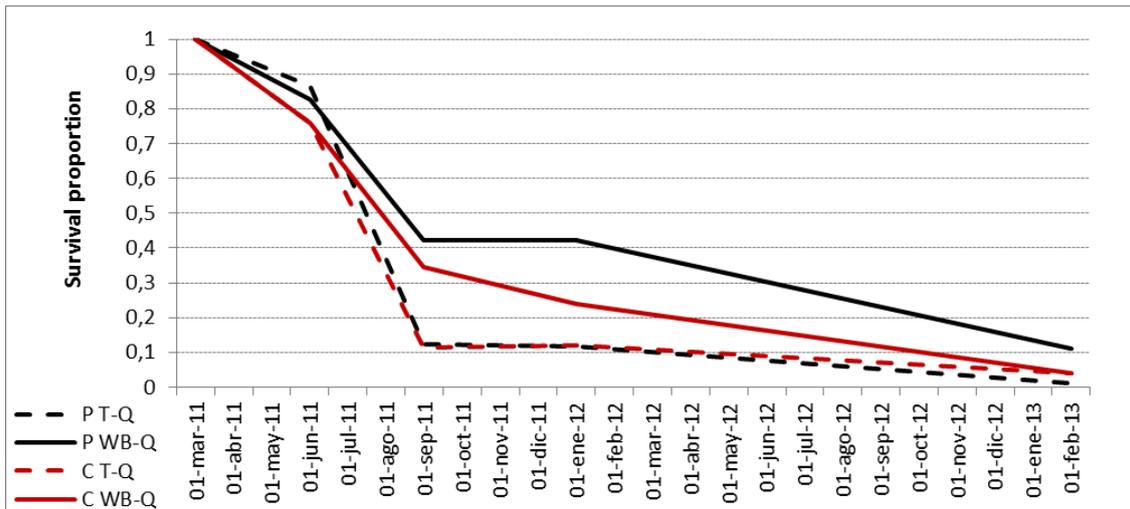


Figura 8. Evolución temporal de la supervivencia de plantones de pino carrasco (P) y carrasca (C), en la parcela Quemada (Q). WB: Waterboxx©; T: testigos

## **5. CONCLUSION**

A modo de desenlace, se puede revelar que los resultados obtenidos muestran un efecto del WB casi nulo, aunque se observaron algunos casos matizables de crecimiento y supervivencia; se puede decir que no compensa las prestaciones económicas y de rendimiento de su empleo, ya que el éxito de la reforestación ha sido escaso. Igualmente se puede demostrar mediante los resultados obtenidos en el crecimiento en Biomasa que el aporte del agua al suelo fue insignificante, ya que el factor raíz, en cuanto a calidad y cantidad se refiere, es determinante para el arraigo y la supervivencia de la planta en el terreno. En cuanto a la evolución de la supervivencia, también se ha podido ratificar, que se debería profundizar en el conocimiento de las interrelaciones (el estado del suelo, la vegetación adyacente existente, la calidad de estación, etc.); así como el buen funcionamiento del Waterboxx (la más notable la liberación de agua, así como los estudios de la capacidad del autollenado del sistema, etc.), de forma que se pueda contribuir a mejorar el establecimiento realizado en este estudio, igualmente a las repoblaciones en general.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la colaboración mutua 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. Además agradecer por su ayuda y cercanía a Antonio del Campo y como no, a mi familia por su gran apoyo desde el primer día.

Gracias.

## 7. BIBLIOGRAFIA

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., A. AGUILELLA, E. GONZÁLEZ, R.M. NAVARRO 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.; B. FRAGUEIRO; C. CEACERO; A. DEL CAMPO; R.DE PRADO. 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.; D. ARIZA; L. GONZÁLEZ; A. DEL CAMPO; M. ARJONA; C. CEACERO, 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