



INFORME FINAL DE PROYECTOS COORDINADOS DE I+D+i

Como paso previo a la realización del informe, se ruega lean detenidamente las **instrucciones de elaboración de los informes de seguimiento científico-técnico de proyectos** disponible en la página web del ministerio.

A1. Datos del proyecto coordinado

Relacione los datos del proyecto. En caso de que haya algún cambio, indíquelo cambiando de color el texto

Coordinador	JUAN F. BELLOT ABAD	
Título	BALANCE HÍDRICO Y RECARGA DE ACUIFEROS EN UN GRADIENTE SECO-SEMIÁRIDO: ECOHIDROLOGIA DE BOSQUES DE PINOS Y CAMBIO CLIMÁTICO (ECOBAL)	
Organismo	UNIVERSIDAD DE ALICANTE	
Centro	INSTITUTO MULTIDISCIPLINAR PARA EL ESTUDIO DEL MEDIO "RAMON MARGALEF" (IMEM)	

A2. Datos de cada subproyecto

Referencia	CGL 2011-30531-C02-02	
Investigador principal	ALBERTO VILAGROSA CARMONA	
Título	Vulnerabilidad de los bosques de pino carrasco y de las especies coexistentes en un contexto de cambio climático: Efectos sobre el balance hídrico, supervivencia de las especies y la resiliencia de la comunidad. (SURVIVE)	
Entidad	FUNDACION CENTRO DE ESTUDIOS AMBIENTALES DEL MEDITERRANEO	
Centro	FUNDACION CENTRO DE ESTUDIOS AMBIENTALES DEL MEDITERRANEO	
Fecha de inicio	01/01/2012	
Fecha final	30/06/2015	
Duración	3 años+6 meses prórroga	
Total concedido	40.000€	

Cree tantas tablas como subproyectos

B. Resumen del proyecto para difusión pública

Resuma los principales avances y logros obtenidos del proyecto con una **extensión máxima de 30 líneas**, teniendo en cuenta su posible difusión pública (páginas webs institucionales)

El incremento de aridez proyectada por las proyecciones de los modelos de cambio climático puede provocar la desaparición de la cubierta arbórea, especialmente en las zonas de transición entre ombroclima seco-subhúmedo y semi-árido consideradas como muy vulnerables. El mantenimiento de una adecuada cubierta vegetal en estas zonas afectará a la eficiencia de las precipitaciones, evitando procesos erosivos e inundaciones, y a una óptima gestión del agua por los ecosistemas, favoreciendo la infiltración y la recarga de acuíferos. Los bosques de pino carrasco y las especies coexistentes son una de las principales comunidades forestales que se encuentran en estas áreas climáticas, y se han considerado como altamente vulnerables al cambio climático. En este contexto, el principal objetivo del proyecto **SURVIVE**



(<http://www.ceam.es/survive/SURVIVE.htm>) ha sido estudiar los factores ambientales y los mecanismos funcionales que afectan a la vulnerabilidad de las especies leñosas mediterráneas con especial énfasis en los bosques de pino carrasco. Los principales resultados obtenidos se pueden resumir en los siguientes puntos:

- En ambientes con fuertes limitaciones hídricas (clima seco-semiárido con periodos estivales rigurosos), la densidad del pinar tiene un importante efecto sobre el balance hídrico de la comunidad afectando a la capacidad de supervivencia y crecimiento de las especies que viven bajo la cubierta. Los pinares más densos tienen un mayor consumo de agua del suelo pero las condiciones que generan, con una mayor sombra en periodos estivales, favorece la instalación de plantones de especies arbustivas que se desarrollarán bajo su cubierta.
- Cuando las condiciones son más suaves (zonas más septentrionales con climatología menos rigurosa en verano), la cubierta densa de pino produce una fuerte limitación a la regeneración de las especies, obteniéndose mayor supervivencia y crecimiento en pinares menos densos.
- La aplicación de modelos hidrológicos como Hydrobal pueden ser de gran utilidad para simular diferentes condiciones de balance hídrico en función de la densidad de árboles, y puede ayudar a establecer las condiciones óptimas para la introducción de especies rebrotadoras en pinares con baja presencia y diversidad de especies.
- La mortalidad de los pinares que está siendo observada desde el año 2014 en el Levante se puede atribuir al intenso nivel de estrés hídrico que están sufriendo los pinares como consecuencia de su introducción en ambientes muy áridos o por su excesiva densidad en la actualidad. Las reservas de carbono y la cavitación del xilema juegan un papel importante ya que se observa que ambos factores son afectados por las condiciones de sequía y están intercorrelacionados. Los escolítidos deben ser considerados un factor adicional de riesgo, pero siempre asociado a pinares en condiciones de estrés. La presencia de escolítidos en los pinares con nivel de estrés moderado fue irregular.
- En relación con la capacidad de supervivencia a episodios de intenso estrés hídrico, hay que señalar que las características funcionales de cada especie producirán diferentes tiempos de desecación lo que provocará niveles de estrés y mortalidades diferenciadas. Sin embargo, se observó un cierto umbral a partir del cual se incrementa la mortalidad de las plantas independientemente de la especie. Este umbral se situaría en torno a -8MPa y este valor de potencial hídrico se podría considerar como un umbral de grandes eventos de mortalidad como los observados en campo durante el año 2014.

C. Informe de progreso y resultados del proyecto

C1. Desarrollo de los objetivos planteados

Describe los objetivos y el grado de cumplimiento de los mismos (en porcentaje respecto al objetivo planteado y, en su caso, con indicación de lo que queda por realizar en cada uno de ellos) señalando la participación de los subproyectos en su desarrollo.

<p>1. Evaluate the effect of vegetation (mainly Aleppo pine woodlands), on water balance and aquifer recharge under conditions of water scarcity. (Objetivo 5)</p>	<p>Objetivo conjunto de ambos grupos UA y CEAM. Este objetivo se ha cumplido totalmente. Se han determinado las variables estructurales e ecohidrológicas de cada tipo de vegetación presente en los acuíferos, y se han realizado las simulaciones de balances hídricos en el gradiente de los pinares. <u>El progreso global es del 100%</u> Durante el año 2015 se han analizado los resultados obtenidos hasta el momento. Se han ajustado los valores de calibración y validación de los resultados de la simulación con los modelos de balance Hydrobal Tarea relacionada: 2.1, 2.2 y 2.3</p>	<p>CGL 2011-30531-C02-01: UA CGL 2011-30531-C02-02: CEAM</p>
<p>2.- Determine the water balance and its components in Aleppo pine forest as function of stand density, as well as the effect over the development of understory vegetation and recruitment of new species. (Objetivo 8)</p>	<p>Durante el 2015 se han finalizado análisis y preparación de ponencias y publicaciones. Durante el año 2015 se ha analizado con mayor detalle el papel de los arbustos y árboles introducidos, se han presentado los resultados en foros científicos y se ha elaborado una publicación nacional (Grupo de Ecohidrología de la SECF, 2015) y otras internacionales (Forest Ecology and Management, 2016). En la actualidad se está trabajando en otra publicación que será enviada a una revista de</p>	<p>CGL 2011-30531-C02-02: CEAM CGL 2011-30531-C02-01: UA</p>



	<p>impacto (SCI) próximamente. <u>Progreso global: 100%</u> Tareas relacionadas: 2.2 y 2.3</p>	
<p>3.- Estimate the effect of stand density over the deep water recharge and the use of water by pines according to isotopic analysis in plant samples. (Objetivo 9)</p>	<p>Durante el año 2015 se han analizado los datos obtenidos y se han incluido en la comunicación presentada al congreso de Hidrología de la SECF. Los datos sobre isótopos en las especies del sotobosque han servido para establecer el nivel de estrés hídrico que ha sufrido cada grupo funcional plantado bajo cubierta arbórea y el nivel de eficiencia fotoquímica. Estos resultados han sido publicados en la revista Forest Ecology and Management (2016) y Ann. For. Sci (2015). En la actualidad se tiene un borrador a punto de ser enviado con la respuesta de las especies en términos ecofisiológicos. <u>Progreso global: 100%</u> Tareas relacionadas: 2.2 y 2.3.</p>	CGL 2011-30531-C02-02: CEAM
<p>4.- Establish the vulnerability of Aleppo pine forest to drought stress in a gradient of precipitation as a function of reductions in carbon assimilation and drought stress experienced. (Objetivo 10)</p>	<p>Durante el año 2015 se ha avanzado en el análisis de datos y se han realizado presentaciones de resultados en foros nacionales e internacionales. Parte de los resultados se han publicado en la revista Trees Structure and Function (2015) <u>Progreso global: 100%</u> Tareas relacionadas: 3.1</p>	CGL 2011-30531-C02-02: CEAM
<p>5.- Identify the main drivers of woody species recovery, as well as survival after drought, with particular emphasis on drought intensity and duration (Objetivo 11)</p>	<p>Durante el año 2015 se ha continuado con el análisis de datos y preparación de comunicaciones que algunas están en proceso de elaboración y otras han sido ya publicadas. Parte de los resultados obtenidos ha servido para realizar una publicación en New Phytologist (2015) <u>El progreso global de este objetivo está sobre el 100%</u> Tareas relacionadas: 3.2</p>	CGL 2011-30531-C02-02: CEAM

Cree tantas filas como necesite

C2a. Actividades realizadas y resultados alcanzados

Describe las actividades científico-técnicas realizadas para alcanzar los objetivos planteados en el proyecto. Indique para cada actividad los subproyectos y los miembros del equipo que han participado. **Extensión máxima 4 páginas**

WP 2. IMPLICATIONS OF ALEPPO PINE (*PINUS HALEPENSIS*) FORESTS IN THE WATER BALANCE AND DYNAMICS OF THE COMMUNITY.

Esta tarea se realiza conjuntamente por los 2 sub-proyectos: CGL 2011-30531-C02-01, UA (J. Bellot, A. Manrique, S. Ruiz, H. Moutahir), y el CGL 2011-30531-C02-02, CEAM (A. Vilagrosa, M. Heredia, E. Chirino, M.E Granados). Este WP se ha desarrollado en 3 tareas o actividades:

- Actividad 2.1 Implicaciones del clima sobre balance hídrico en pinares y matorrales*
 Esta tarea ha sido desarrollada principalmente por el equipo de la UA y nuestra participación ha sido como colaboración en las actividades que desarrollaban y asesoramiento en aspectos de ecofisiología de las plantas. Los resultados obtenidos permiten tener un marco climático de referencia para relacionar y explicar las respuestas de cada comunidad y cada acuífero según su situación dentro del gradiente climático estudiado.
 Esta tarea se realiza de forma conjunta a través del Sub-proyecto CGL 2011-30531-C02-02, CEAM (A. Vilagrosa, J.A Alloza) y del Sub-proyecto CGL 2011-30531-C02-01. (UA. J. Bellot, A. Manrique, y S. Ruiz).



- **Actividad 2.2 Implicaciones de la densidad de la parcela sobre el balance de agua, la composición del sotobosque y la dinámica forestal.**

Esta actividad se ha realizado en la zona de Ayora (Valencia) en pinares de reforestación con diferentes densidades bajo los cuales se habían introducido diversas especies (*Arbutus unedo*, *Rhamnus alaternus*, *Quercus ilex*, *Q. faginea*, *Fraxinus ornus*, *Acer granatense*) de especies rebrotadoras para incrementar la diversidad de especies y mejorar la resiliencia de estas comunidades frente a posibles perturbaciones futuras como incendios. Estos pinares, aunque se reforestaron hace muchos años, la regeneración del sotobosque con especies arbustivas rebrotadoras ha sido muy pobre.

Los principales resultados de esta tarea muestran que la densidad del pinar tiene un importante efecto sobre el balance hídrico de la comunidad y la capacidad de supervivencia y crecimiento de las especies que viven bajo la cubierta. Las investigaciones realizadas muestran que los pinares menos densos tuvieron más disponibilidad de agua durante los periodos lluviosos (primavera, invierno y otoño). Esto fue consecuencia de una menor interceptación de la lluvia por los pinos y un menor consumo de agua global de toda la parcela. Sin embargo, la disponibilidad de agua para los plantones del sotobosque en verano fue similar en todas las densidades de pinar. La radiación fue significativamente más alta durante todo el año en las parcelas de baja densidad. Se observaron pocas diferencias en variables como temperatura y humedad ambiental que también fueron seguidas durante la duración del proyecto aunque en verano se alcanzaron valores más extremos en las parcelas de baja densidad.

La supervivencia de los plantones fue mayor en las parcelas con mayor densidad de pinar (1067 ± 141 pies/ha), aunque fueron las que menor disponibilidad hídrica y lumínica mostraron durante la mayor parte del año. La densidad de pinar intermedia (344 ± 19 pies/ha) mostró supervivencia similares (no estadísticamente diferentes) de las parcelas con baja densidad (167 ± 25 pies/ha). La mayor protección del exceso de radiación durante el verano junto con unas condiciones algo más suaves durante el mediodía de los meses más calurosos parece ser que ha sido un factor clave en la mayor supervivencia de las especies introducidas en las parcelas de alta densidad. Es importante señalar que aunque se plantaron un rango de especies con distintos grados de resistencia al estrés hídrico, todas ellas presentan una relativa alta tolerancia a la sequía y, por lo tanto, fueron capaces de resistir perfectamente las condiciones de mayor sequía de las parcelas de alta densidad. Analizando por grupos funcionales (perennifolias y caducifolias) se ha observado que ambos grupos siguieron los mismos patrones de respuesta, pero las especies perennifolias presentaron globalmente mayor supervivencia que las caducifolias. Los análisis isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$ realizados en los plantones introducidos para evaluar el uso del agua confirman los resultados en términos de supervivencia. Estos resultados han sido publicados en Granados et al., 2016 y se han presentado a diferentes foros, reuniones y congresos (por ej. Granados et al., 2015 en 3rd Scientific UNCCD Conference, México).

Además, los datos obtenidos también sirvieron para establecer comparaciones con los resultados obtenidos con otros equipos de investigación con las mismas especies o similares (Dr. Bernard Prevosto, IRSTEA, Francia). En zonas más septentrionales se observa un patrón de supervivencia diferente al observado en la zona de Valencia. Aunque la zona comparada presenta un clima mediterráneo seco (Aix en Provence-Marsella), los resultados obtenidos muestran que allí la supervivencia se encuentra dificultada por la alta densidad de pinar, al contrario que la zona de Valencia (Fig. 1 Anexo). Al contrario que en nuestras parcelas, la supervivencia de los plantones fue mayor en las parcelas de baja densidad. Estos resultados han sido objeto de una publicación conjunta: Gabinet et al., 2015, *Annals of Forest Sciences*, y también de varias presentaciones a congresos y reuniones (Prevosto et al., 2015 en el World Forestry Congress en Durban, Sudáfrica).

Esta tarea se realiza a través del Sub-proyecto CGL 2011-30531-C02-02, CEAM (A. Vilagrosa, y JA. Alloza).

Parte de los resultados de esta Actividad se han publicado en:

- Granados, M. E., Vilagrosa, A., Chirino, E., and Vallejo, V. R., 2016. Reforestation with resprouter species to increase diversity and resilience in Mediterranean pine forests. *Forest Ecology and Management*, 362: 231-240. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2015.12.020>
- Gabinet, J., Vilagrosa, A., Chirino, E., Granados, M. E., Vallejo, V. R., and Prevosto, B., 2015. Hardwood seedling establishment below Aleppo pine depends on thinning intensity in two Mediterranean sites. *Annals of Forest Science*, 72: 999-1008. <http://dx.doi.org/10.1007/s13595-015-0495-4>
- Vallejo, V. R., Smanis, A., Chirino, E., Fuentes, D., Valdecantos, A., and Vilagrosa, A., 2012. Perspectives in dryland restoration: approaches for climate change adaptation. *New Forests*, 43: 561-579. <http://dx.doi.org/10.1007/s11056-012-9325-9>



- Actividad 2.3 Análisis de balance hídrico en pinares en función de la densidad de pinar y del gradiente de precipitación.** Uno de los objetivos de esta tarea fue el estudio del balance hídrico del suelo en bosques de pino carrasco con diferente densidad de arbolado utilizando el modelo ecohidrológico HYDROBAL, y evaluar sus efectos sobre la introducción y establecimiento bajo el dosel de brinzales de especies ampliamente utilizadas en la restauración forestal. Este estudio se desarrolló en los boques de Ayora en combinación con la tarea anterior. Los resultados del balance hídrico indicaron que las parcelas con alta densidad de pinos mostraron menor trascolación, menor precipitación neta y en consecuencia, menor humedad del suelo; lo cual coincidió con los resultados observados en campo (ver Actividad 2.2; Tabla 1). No obstante, y contrariamente a los resultados esperados, las parcelas de alta densidad presentaron los mayores valores de supervivencia (85%) y crecimiento en altura; lo cual pudo ser favorecido por el efecto protector del dosel, que redujo significativamente la radiación solar (transmisividad de luz solar: 15%) tal como se señalaba en la Actividad 2.2. Esto indica que la humedad del suelo, a pesar de ser menor, no fue un factor limitante para la supervivencia y crecimiento de las especies introducidas. El balance global señala, como era esperado, que las parcelas con mayor densidad de pinar tuvieron una mayor relación entre Green-water y Blue-water (GW/BW, Tabla 1). Las parcelas de alta densidad mostraron que un 75% de la precipitación se destinó a GW mientras que solo el 64% lo fue en las de baja densidad. Los resultados obtenidos con el modelo hidrológico permiten considerar que el modelo eco-hidrológico HYDROBAL ha sido útil para estimar los flujos de agua que componen el balance hídrico del suelo en estos ecosistemas y evaluar sus efectos sobre especies introducidas bajo el dosel. Estos resultados han sido objeto de una publicación conjunta con el grupo de la UA: Chirino et al., 2015.

Esta tarea se realiza de forma conjunta a través del Sub-proyecto CGL 2011-30531-C02-01. (UA. J. Bellot, A. Manrique, S. Ruiz) y del Sub-proyecto CGL 2011-30531-C02-02, CEAM (A. Vilagrosa).

Tabla 1. Balance hídrico del suelo por densidad de pinos determinado a partir del modelo HYDROBAL. Arriba: valores (L m⁻², media, N=3) acumulados en el periodo (años 2011, 2012 y 2013). Abajo: valores en % respecto a la precipitación bruta acumulada. Abreviaturas: Precipitación bruta (PB), Interceptación (Int), precipitación neta (PNt), escorrentía superficial (Es), Reserva de agua el suelo ($\Delta\theta = \theta_{final} - \theta_{inicial}$), Infiltración (Infilt), evapotranspiración real (Eta), agua azul (BW = Es + Infilt), agua verde (GW = Int + Eta). BD, MD y AD baja, media y alta densidad.

	PB	Int	PNt	Es	$\Delta\theta$	Infilt	Eta	GW	BW	GW/BW
Datos en L m ⁻²										
BD	1583	227.3	1355.7	10.7	-10.6	576.8	785.9	1013.2	581.0	1.74
MD	1583	467.7	1115.3	11.5	-7.8	402.3	715.9	1183.6	413.8	2.86
AD	1583	611.3	971.7	7.8	-1.2	395.5	578.2	1189.5	403.3	2.95
Datos en %										
BD	100	14.4	85.6	0.7	-2.6	36.4	49.6	64.0	36.7	1.74
MD	100	29.5	70.5	0.7	-2.0	25.4	45.2	74.8	26.1	2.86
AD	100	38.6	61.4	0.5	-0.3	25.0	36.5	75.1	25.5	2.95

Parte de los resultados de esta Actividad se han publicado en:

Chirino, E., Heredia-Osorio, M., Granados, M. E., Vilagrosa, A., Manrique-Alba, A., Ruiz-Yanetti, S., Andarcio, C., and Bellot, J., **2015**. Balance hídrico del suelo en pinares con diferente densidad de arbolado. Efectos sobre el establecimiento de brinzales de especies rebrotadoras bajo el dosel. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, 41: 291-304. http://secforestales.org/publicaciones/index.php/cuadernos_secf/article/view/17396

WP 3. EFFECT OF DROUGHT EVENTS AND CLIMATIC LIMITATIONS IN THE PERSISTENCE OF PINE FORESTS AND CO-OCCURRING SPECIES.

Este apartado se realiza por el CEAM CGL 2011-30531-C02-02 (A. Vilagrosa, JA. Alloza; y M. Heredia, E. Chirino, M.E Granados que participaron en años anteriores). Este WP se ha desarrollado en 2 tareas o actividades:

Actividad 3.1. Vulnerabilidad de los pinares a cambios de régimen de lluvias en un gradiente de precipitación



- Relación entre la mortalidad en pinares observada en otoño 2014, otras variables funcionales (cavitación del xilema y sustancias de reserva) y ataque por escolítidos.
Este estudio surgió a partir de las observaciones de mortalidad que se estaban produciendo en diversos pinares del sur de la Comunidad Valenciana (Fig. 2 Anexo). El objetivo fue evaluar los procesos subyacentes que estaban ocurriendo con estos pinares y cuáles eran las causas que conducían a esa mortalidad. Para esto se eligieron pinares en un gradiente de precipitación y de mortalidad observada. Los principales resultados sugieren que la mortalidad del pino puede ser atribuida a la intensidad del estrés hídrico que causó la cavitación del xilema (pérdida de la capacidad de transporte de agua a las hojas) con potenciales hídricos inferiores a -7MPa. La precipitación registrada durante el año hidrológico de 2014 fue extraordinariamente baja. A este efecto se unió una temperatura media alta, con meses donde se alcanzaron hasta 3.5°C por encima de la media de la serie histórica de la estación. La combinación de sequía y temperaturas anormalmente altas han propiciado estos eventos de mortalidad (Fig. 2 Anexo). Un porcentaje alto de los pinos fue afectado por escolítidos (*Tomicus* sp, *Othotomicus* sp.) aunque los resultados indican que toda la mortalidad observada no puede ser atribuida a esta plaga. Por otro lado, se han observado niveles muy bajos de sustancias de reserva en la mayoría de los casos. Esto señalaría que los pinos están sometidos a condiciones de estrés de una forma general. Por otro lado, los niveles de estrés en los pinos durante el verano 2013 no fueron muy intensos (potenciales en torno a -2 hasta -3 MPa); mientras que los pinos en el año 2014 estuvieron sometidos a niveles mucho más intensos con potenciales que oscilaron entre -3 y -6MPa en los pinos que permanecieron vivos (Fig. 3 Anexo). Los resultados también indican que la cavitación del xilema y la disminución de las reservas de carbono están relacionados, lo que hace difícil separar ambos mecanismos funcionalmente. Finalmente, el ataque por escolítidos no parecía estar directamente implicado en la mortalidad, al menos en los bosques con condiciones de sequía no tan intensa. Estos resultados se han publicado en una revista internacional, con la referencia García de la Serrana et al., 2015 *Trees – Structure & Function*.
- Vulnerabilidad de los pinares en un gradiente de precipitación en condiciones de precipitación normal.
En condiciones de precipitación normal, los pinares no alcanzaron potenciales hídricos tan negativos como durante el verano de 2014. Estos resultados se observaron independientemente del régimen de precipitación de cada sitio estudiado. En general, bajo precipitaciones normales, los potenciales oscilaron entre -2 y -3 MPa lo que supone un riesgo moderado a eventos importantes de cavitación del xilema y por lo tanto a la mortalidad del pino. Sin embargo, durante años excepcionalmente secos estos valores se pueden sobrepasar como se ha mostrado en el punto anterior. Se analizaron diversas variables ecofisiológicas con capacidad predictiva en su relación con la vulnerabilidad a la sequía en los pinares localizados. En general, el contenido en carbohidratos no estructurales en raíces medidos en diversos momentos (primavera y verano) fue una de las variables más sensibles al gradiente de precipitación de los pinares (Fig 4 Anexo). En general se obtuvieron valores de correlación por encima de 0.80 indicando la relevancia de esta variable. La eficiencia en el uso de agua (WUE) y la conductancia estomática (Gs) fue otra variable que mostró una respuesta significativa a los índices de sequía calculados para cada zona (Fig.5 y Tabla 1, Anexo). Finalmente, otro factor relevante y correlacionado con el gradiente de precipitación en cada zona fue la presencia de plagas, principalmente centrado en la procesionaria del pino. Este factor mostró una correlación negativa con el MAI (Martonne aridity index) indicando que los pinares situados en las zonas más áridas tendrían un mayor nivel de afectación de esta plaga (Fig. 4 Anexo). Este apartado forma parte de la tesis de Miriam Heredia actualmente en análisis y redacción.

Parte de los resultados de esta Actividad se han publicado en:

García de la Serrana R, Vilagrosa A, Alloza JA. 2015. Pine mortality in southeast Spain after an extreme dry and warm year: interactions among drought stress, carbohydrates and bark beetle attack. *Trees, Structure & Function*. DOI: 10.1007/s00468-015-1261-9.

Esta tarea se realiza dentro del Sub-proyecto CGL 2011-30531-C02-02, CEAM (A. Vilagrosa, J.A. Alloza).

Actividad 3.2. Supervivencia y capacidad de recuperación en función del estrés hídrico: ciclo de sequía

Este apartado forma parte de la tesis de Miriam Heredia actualmente en redacción. De forma genérica, los resultados muestran que en los mayores niveles de estrés las plantas difícilmente se recuperan, mientras que en niveles intermedios presentan cierta recuperación que estaría en función de las características morfo-funcionales específicas de cada especie o grupo funcional (Fig 6). Se observó un valor de potencial hídrico a partir del cual se incrementa la mortalidad de las plantas independientemente de la especie. Este umbral se situaría en torno a -8MPa y ese valor de potencial hídrico se podría considerar como un umbral de grandes eventos de mortalidad observados en campo (Fig 7). También es importante señalar que las características funcionales de cada especie producirán diferentes tiempos



de desecación lo que provocará niveles de estrés y mortalidades diferenciadas (Fig. 8, 9). La campaña de recuperación primaveral mostró la misma tendencia que en otoño, no observándose ninguna recuperación por rebrote en las plantas que se consideraron muertas en la anterior campaña, indicando que si una especie no es capaz de rebrotar en un periodo breve de tiempo (sobre un mes o menos) se puede considerar muerta. Con estos resultados se está preparando una publicación internacional dentro de la tesis de M. Heredia.

Otra parte de los resultados obtenidos ha servido para colaborar en dos publicaciones y un capítulo de libro en relación con la tolerancia de las especies a condiciones de estrés y su hábito de regeneración post-incendio ya que en el estudio planteado se habían incorporado especies tanto germinadoras como rebrotadoras. Los principales resultados mostrarían que las especies con estrategia germinadora desarrollarían unas características tolerantes del déficit hídrico mientras que las especies rebrotadoras (R+) seguirían una estrategia evitadora del estrés hídrico. En relación con la resistencia a la cavitación, variable considerada fundamental en la resistencia global de las plantas a condiciones de sequía, se observó que las especies rebrotadoras presentaban menor resistencia a la cavitación (P50, potencial hídrico alcanzado en el 50% de la cavitación del xilema; Fig 10). Este estudio se realizó con una amplia base de datos, 487 especies en total de las que 247 pudieron ser clasificadas como R+, 46 como no rebrotadoras (R-) y 194 con un hábito de regeneración post-incendio desconocido.

Parte de los resultados de esta Actividad se han publicado en:

- Vilagrosa, A. et al., **2014**. *Physiological differences explain the co-existence of different regeneration strategies in Mediterranean ecosystems* *New Phytologist*, 201: 1277-1288.
- Pausas, et al., **2016**. *Towards understanding resprouting at the global scale*. *New Phytologist*, 209: 945-954.
- Vilagrosa, A., et al., **2012**. *Xylem cavitation and embolism in plants living in water-limited ecosystems*. In: Aroca, R., (eds.). *Plant Responses to Drought Stress*. 63-109. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*.

Esta tarea se realiza dentro del Sub-proyecto CGL 2011-30531-C02-02, CEAM (A. Vilagrosa, M. Heredia, J.A. Alloza).

En caso de incluir figuras, cítelas en el texto e insértelas en la última página

C2b. Actividades realizadas relacionadas con la coordinación del proyecto (a rellenar por el coordinador)

Describe las actividades de coordinación realizadas para alcanzar los objetivos planteados en el proyecto. **Extensión máxima 1 página.**

C3. Problemas y cambios en el plan de trabajo

Describe las dificultades y/o problemas que hayan podido surgir durante el desarrollo del proyecto o subproyecto, así como cualquier cambio que se haya producido respecto a los objetivos o el plan de trabajo inicialmente planteados. **Extensión máxima 1 página**

No se han producido problemas ni dificultades destacables en el desarrollo del proyecto.

C4. Colaboraciones con otros grupos de investigación directamente relacionadas con el proyecto señalando la participación de los subproyectos en su desarrollo.

Relacione las colaboraciones con otros grupos de investigación y el valor añadido para el proyecto. Describa, si procede, el acceso a equipamientos o infraestructuras de otros grupos o instituciones.

El subproyecto CGL 2011-30531-C02-02: CEAM ha dado lugar a diversas colaboraciones tanto con otros investigadores como con gestores, especialmente de Consejería de Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana. Citamos a continuación las colaboraciones más destacables realizadas durante la duración del proyecto:

- Eduardo Pérez Laorga y Hugo Mas (Generalitat Valenciana y Vaersa) en relación con los eventos de mortalidad en pinares producidos en la Comunidad Valenciana como consecuencia de la sequía del año 2014.



Hemos tenido contactos y reuniones para discutir la problemática ocurrida a partir del trabajo de investigación que se realizó con este evento de mortalidad. Este estudio se ha publicado en la revista *Trees* (IF=1.65, Q2 Forestry). Este trabajo sirvió para plantear un estudio más completo pero por temas presupuestarios de la Generalitat Valenciana no se pudo realizar. En la actualidad continúan los contactos. Referencia del trabajo: GARCÍA DE LA SERRANA R, VILAGROSA A, ALLOZA JA. 2015. Pine mortality in southeast Spain after an extreme dry and warm year: interactions among drought stress, carbohydrates and bark beetle attack. *Trees, Structure & Function*. 29 (6), 1791-1804. DOI: 10.1007/s00468-015-1261-9.

- **Dr. Bernard Prevosto y Gavinet Jordane (Irstea, Francia)** en el marco de la Actividad 2.2. Con estos investigadores se ha realizado actividades complementarias como el análisis conjunto de datos relacionados con la supervivencia y crecimiento de los plantones introducidos bajo diferentes densidades de pinar.
- Con el grupo de Ecofisiología dirigido por el **Dr. Eustaquio Gil-Pelegrín (Unidad de Recursos Forestales, CITA-DGA, Aragón)**, donde se analizó la vulnerabilidad a la sequía en diversas poblaciones de *Quercus ilex* en el arco mediterráneo. Este estudio se ha publicado en la revista *Annals of Botany* (IF=3.65, Q1 Plant Sciences). PEGUERO-PINA JJ, SANCHO-KNAPIK D, BARRÓN E, CAMARERO JJ, VILAGROSA A, GIL-PELEGRÍN E. 2014. Morphological and physiological divergences within *Quercus ilex* support the existence of different ecotypes depending on climatic dryness. *Annals of Botany* 114: 301-313.
- Colaboración el **Dr. Juli G. Pausas (CIDE-CSIC)** con quién se colabora en el análisis filogenético de la respuesta de especies a la sequía desde aspectos xilémicos hasta intercambio de gases. Estos resultados permiten incorporar más información sobre la respuesta a la sequía de especies mediterráneas. Se han realizado las siguientes publicaciones: **VILAGROSA, A.**, HERNÁNDEZ, E. I., LUIS, V. C., COCHARD, H., PAUSAS, J. G. 2014. Physiological differences explain the co-existence of different regeneration strategies in Mediterranean ecosystems. *New Phytologist* 201: 1277–1288; 3. y **PAUSAS JG., PRATT RB., KEELEY JE., JACOBSEN AL., RAMIREZ AR., VILAGROSA A., PAULA S., KANEAKUA-PIA IN., DAVIS SD.** 2015. Towards understanding resprouting at the global scale. *New Phytol.* doi:10.1111/nph.13644.
- Con el **Dr. Juan Bellot (Dept Ecología, Univ Alicante)** en el marco actual del proyecto de investigación y también con los **Drs Jordi Cortina y Dra. Susana Bautista** del mismo departamento, con los cuales se están desarrollando diferentes colaboraciones en el marco del proyecto actual como en el marco de otros proyectos de investigación. El resultado ha sido la publicación de varios artículos conjuntamente: Cortina et al., 2013 *New Forest* 44: 719-732; Disante et al., *Physiologia Plantarum* (doi: 10.1111/ppl.12095) y Touhami et al., *Hydrological Sciences Journal*, DOI: 10.1080/02626667
- **Dr. Esteban Chirino (Universidad de la Epoch, Ecuador)**, colaboraciones en el marco de actividades conjuntas realizadas en este proyecto (Dr. E. Chirino fue investigador en este proyecto) y en su nueva etapa como investigador de la Universidad Epoch en Ecuador. Se ha realizado una publicación conjunta con especies propias de Ecuador: *Chirino et al., Morpho-functional traits and plant response to drought conditions in seedlings of six native species of Ecuadorian Ecosystems. Enviado a: Tropical Plant Biology IF: 1.52*
- Con el **Dr. Hervé Cochard (INRA, Clermont-Ferrand, Francia)**, **Dr. Sylvain Delzon** y **Dr. J.M Torres (UMR BIOGECO, INRA – University of Bordeaux France)** en relación con las curvas de cavitación en los pinos de las parcelas de la Tarea 2 en el gradiente de precipitación.
- **Ms. Khouloud Krischen, (U.R. Diversité végétale & Ecosystèmes en Milieu Aride, Univ. SFax, Túnez)**. Estudios sobre aspectos funcionales del esparto (*Stipa tenacissima*) y su resistencia a estrés hídrico, en el marco de su tesis doctoral. Esta estudiante ha realizado dos estancias en nuestro departamento.

C5. Colaboraciones con empresas o sectores socioeconómicos

Relacione las colaboraciones con empresas o sectores socioeconómicos y el valor añadido para el proyecto o subproyecto, la transferencia de conocimientos o resultados del mismo.

MASTER UNIVERSITARIO EN GESTIÓN Y RESTAURACIÓN DEL MEDIO NATURAL (Ediciones anuales desde 2012 hasta 2016), coordinado por el Dept Ecología, Universidad de Alicante. Dr. A. Vilagrosa, profesor de la asignatura: Viverística y gestión de material vegetal para la restauración.



Colaboración con Generalitat Valenciana en el marco de la mortalidad observada de pinares y el papel de las plagas de escolítidos. En el marco de esta colaboración se va a establecer un protocolo de seguimiento de las plagas y afección de pinares durante el año 2015-16.

Con la Generalitat Valenciana en diversas actividades: a) presentación de un proyecto LIFE conjuntamente para restauración de riberas, b) análisis del impacto de la sequía 2014, c) Informes de impactos del fuego: Incendios 2012 en Andilla y 2015 en Pego, d) Participación en la mesa sectorial sobre acciones post-incendio en los municipios de Pego, Atzúbia y Vall de Ebo.

C6. Actividades de formación y movilidad de personal

Indique las actividades de formación y movilidad de personal relacionadas con el desarrollo del proyecto o subproyecto. Además, si procede, las actividades realizadas en colaboración con otros grupos o con actividades de formación en medianas o grandes instalaciones.

Se presentan las actividades más relevantes

	Nombre	Tipo (becario, técnico, contratado con cargo al proyecto, posdoctoral, otros)	Descripción de las actividades de formación
	John Enrique Molina Villamar (2016)	Estudiante TFM del Master en Gestión y Restauración del Medio Natural. Universidad de Barcelona. Trabajo final master	Desarrolló su master-tesis en el marco de este proyecto. Campañas de supervivencia y crecimiento de plantones para evaluar el impacto de la sequía del 2014 en diversas parcelas
1	Andrea Cezanovic (2015)	Universidad de Eberswalde (Alemania). Estudiante Erasmus. Trabajo final grado	Estancia de aprendizaje de técnicas de campo, diseño experimental, etc.. Participó en diversas actividades durante su estancia. (WP 2y 3) Campañas de campo y laboratorio. De Septiembre 2013 hasta Febrero 2014. Desarrolló su tesis-bachelor en el marco de este proyecto.
2	Raquel García de la Serrana (2014)	Técnico contratado con beca Gerónimo Forteza (Generalitat Valenciana)	Se concedió al presente proyecto la beca de ayuda a la investigación Gerónimo Forteza por un periodo de 6 meses, financiada por la Generalitat Valenciana. Desarrolló actividades de soporte a la investigación durante la segunda parte de la anualidad. Gracias a esta ayuda se han podido realizar muestreos complementarios en pinares en un gradiente de mortalidad (Task 3.1). Estos resultados están siendo elaborados para una publicación.
3	Miriam Beyers (2014)	Estudiante ERASMUS en estancia, BTU Cottbus – Senftenberg (Alemania) Estancia.	Estancia de 3 meses. Actividades de soporte a la investigación dentro de las Task 3.1 y 3.2
4	Lidia López Serrano (2014)	Estudiante de master Universidad de Alicante Trabajo final master	Desarrolló su Trabajo final de master (TFM) dentro del proyecto Survive, en la Task 2.2 y 2.3. Actualmente, se ha elaborado una publicación a partir del TFM que está en proceso de elaboración.

Cree tantas filas como necesite



C7. Actividades de internacionalización y otras colaboraciones relacionadas con el proyecto o subproyecto

Indique si ha colaborado con otros grupos o si ha concurrido, y con qué resultado, a alguna de las convocatorias de ayudas (proyectos, formación, infraestructuras, otros) del Programa Marco de I+D de la UE y/o a otros programas internacionales, en temáticas relacionadas con la de este proyecto. Indique el programa, socios, países y temática y, en su caso, financiación recibida.

- Solicitud a la convocatoria europea HORIZON 2020. SC5-7-2015: More effective ecosystem restoration in the EU; Programme: Growing a low carbon resource efficient economy with a sustainable supply of raw materials; Proposal: A landscape approach to optimize EU restoration strategy- EURESS. 48 months. Projected submission Date: April/2015. The requested EU contribution will be EUR 6,000,000 €. 16 partners de 11 países de la UE. Coordinador el Dr. Ramón Vallejo, participante en el proyecto ECOBAL, por parte del equipo CEAM. Denegada
- Solicitud proyecto : Herramientas para la planificación territorial de la restauración ecológica en zonas afectadas por riesgo de desertificación (recodes). Convocatoria de Ayudas Fundación BBVA. Denegada
- Solicitud proyecto:Conservation of Natura 2000 Riparian Habitats Threatened by fire and invasive species. Propuesta Life Coordinada por el CEAM, con participación de IMELSA, CIEF (Generalitat Valenciana). En resolución.
- Solicitud proyecto I+D Plan Nacional. CGL2015-69773-C2-2-P, Vulnerabilidad de especies y comunidades mediterráneas a la recurrencia de incendios y sequias extremas. efectos sobre el balance hídrico y la dinámica de la vegetación (Survive-2). Concedido
- Proyecto InfoAdapt, 2015. Los incendios forestales en España en un contexto de cambio climático: información y herramientas para la adaptación (Infoadapt). Fundación Biodiversidad. Concedido
- (RED DE EXCELENCIA): Herramientas web y redes sociales de carácter profesional y científico en la red CONSOLIDER GRACCIE (GRACCIE-NET; CTM2014-59111-REDC). MINECO. Concedido
- Proyecto Terecova (2015-2017): Herramientas para la planificación territorial de la restauración de la Comunidad Valenciana. Subcontrato Proyecto del Plan Nacional Concedido

D. Difusión de los resultados del proyecto o subproyecto

Relacione únicamente los resultados derivados de este proyecto coordinado o subproyecto especificando aquellas que son resultado de la colaboración entre los subproyectos

D1. Publicaciones científico-técnicas (con peer-review) derivadas del proyecto y patentes

Autores, título, referencia de la publicación...

1. Granados, M. E., Vilagrosa, A., Chirino, E., and Vallejo, V. R., 2016. Reforestation with resprouter species to increase diversity and resilience in Mediterranean pine forests. *Forest Ecology and Management*, 362: 231-240. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2015.12.020>
2. Pausas, J. G., Pratt, R. B., Keeley, J. E., Jacobsen, A. L., Ramirez, A. R., Vilagrosa, A., Paula, S., Kaneakua-Pia, I. N., and Davis, S. D., 2016. Towards understanding resprouting at the global scale. *New Phytologist*, 209: 945-954. <http://dx.doi.org/10.1111/nph.13644>
3. Chirino, E., Heredia-Osorio, M., Granados, M. E., Vilagrosa, A., Manrique-Alba, A., Ruiz-Yanetti, S., Andarcio, C., and Bellot, J., 2015. Balance hídrico del suelo en pinares con diferente densidad de arbolado. Efectos sobre el establecimiento de brinzales de especies rebrotadoras bajo el dosel. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 41: 291-304. http://secforestales.org/publicaciones/index.php/cuadernos_secf/article/view/17396
4. García de la Serrana, R., Vilagrosa, A., and Alloza, J. A., 2015. Pine mortality in southeast Spain after an extreme dry and warm year: interactions among drought stress, carbohydrates and bark beetle attack. *Trees - Structure and Function*, 29: 1791-1804. <http://dx.doi.org/10.1007/s00468-015-1261-9>
5. Gavinet, J., Vilagrosa, A., Chirino, E., Granados, M. E., Vallejo, V. R., and Prévosto, B., 2015. Hardwood seedling establishment below Aleppo pine depends on thinning intensity in two Mediterranean sites. *Annals of Forest Science*, 72: 999-1008. <http://dx.doi.org/10.1007/s13595-015-0495-4>
6. Vilagrosa, A., Hernández, E. I., Luis, V. C., Cochard, H., and Pausas, J. G., 2014. Physiological differences explain the co-existence of different regeneration strategies in Mediterranean ecosystems. *New Phytologist*, 201: 1277-1288. <http://dx.doi.org/10.1111/nph.12584>
7. Vallejo, V. R., Smanis, A., Chirino, E., Fuentes, D., Valdecantos, A., and Vilagrosa, A., 2012. Perspectives in dryland restoration: approaches for climate change adaptation. *New Forests*, 43: 561-579. <http://dx.doi.org/10.1007/s11056-012-9325-9>
8. Vilagrosa, A., Chirino, E., Peguero-pina, J. J., Barigah, T., Cochard, H., and Gil-Pelegrín, E., 2012. Xylem cavitation and embolism in plants living in water-limited ecosystems. In: Aroca, R., (eds.). *Plant Responses to Drought*



Stress. 63-109. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

9. Chirino, E., Erades, A., Vilagrosa, A., and Vallejo, V. R., 2013. Dinámica, morfología y topología del sistema radical de seis especies leñosas mediterráneas. In: Martínez-Ruiz, C., Lario Leza, F. J., and Fernández-Santos, B., (eds.). *Avances en la restauración de sistemas forestales. Técnicas de implantación*. Pp: 177-182. SECF-AEET, Madrid, España.

D2. Asistencia a congresos, conferencias o workshops relacionados con el proyecto

Nombre del congreso, tipo de comunicación (invitada, oral, póster), autores

- VILAGROSA A. 2015. El papel de la ecofisiología vegetal en la restauración forestal. I Congreso Internacional Desafíos de la Sostenibilidad - Ecología Aplicada. Escuela Politécnica Superior de Chimborazo (ESPOCH, Ecuador). 18-20 Noviembre 2015. **Ponencia Invitada.**
- Prévosto, B., Reque, J. A., Lucas-Borja, M. E., Ladier, J., and Vilagrosa, A., 2015. Increasing resistance and resilience of Mediterranean conifer forests: the experience of Spain and France and their implications for management. In: *XIV World Forestry Congress, Durban, South Africa, 7-11 September 2015*. **Oral**
- Gavinet, J., Vilagrosa, A., Chirino, E., Granados, M. E., Vallejo, V. R., and Prévosto, B., 2014. Effect of Aleppo pine thinning on development of introduced hardwood species: a comparison between SE France and SE Spain. In: *5th International Conference on Mediterranean Pines (Medpine5), Solsona 2014*. pp. 56. **Oral**
- Chirino, E., Erades, A., Vilagrosa, A., and Vallejo, V. R., 2012. Dinámica, morfología y topología del sistema radical de seis especies leñosas mediterráneas. In: *Avances en la restauración de ecosistemas forestales. II Reunión conjunta del Grupo de Trabajo de Repoblaciones Forestales de la SECF y del Grupo de Trabajo de Restauración Ecológica de la AEET*. Palencia. **Oral**
- Vilagrosa, A., Llorca, M., Puértolas, J., Luis, V. C., Chirino, E., Llovet, J., Bautista, S., Alloza, J. A., and Vallejo, V. R., 2013. Cambios en la funcionalidad y diversidad en ecosistemas degradados y su relación con las actividades de reforestación. In: *Avances en la restauración de ecosistemas forestales. II Reunión conjunta del Grupo de Trabajo de Repoblaciones Forestales de la SECF y del Grupo de Trabajo de Restauración Ecológica de la AEET*. Palencia. **Oral**
- Vilagrosa A., Gavinet, J., Chirino, E., Granados, M. E., Prévosto, B., Vallejo, V. R. 2015. Reforestation with resprouter species to increase diversity and resilience in aleppo pine forests: a comparison between se france and se spain. Sesión s2. 4º Congreso Ibérico de Ecología AEET-SPECO. Coimbra, Portugal, 16-19 Junio. Pp: 75. **Ponencia oral.**
- Vilagrosa A., García de la Serrana, R., Heredia, M., Chirino, E., Alloza, J. A. 2015. Pine mortality in southeast spain after an extreme dry and warm year: interactions among drought stress, carbohydrates and bark beetle attack. Sesión SP5 (Carbohydrate dynamics for growth in plants). 4º Congreso Ibérico de Ecología AEET-SPECO. Coimbra, Portugal, 16-19 Junio. Pp: 223. **Ponencia oral.**
- Granados, M. E., Vilagrosa, A., Chirino, E., Vallejo, V. R. 2015. Introduction of resprouter species to increase resilience of Mediterranean ecosystems to cope with wildfires. Session 2.1: Crops, livestock, genetics, seed systems. 3rd Scientific UNCCD Conference "Combating desertification/land degradation and drought for poverty reduction and sustainable development: the contribution of science, technology, traditional knowledge and practices". Cancún, México. 9-12 Marzo. Pp: 131-132. **Ponencia oral.**
- Chirino, E., Heredia-Osorio, M., Granados, M. E., Vilagrosa, A., Manrique-Alba, A., Ruiz-Yanetti, S., Andarcio, C., Bellot, J. 2015. Balance hídrico del suelo en pinares con diferente densidad de arbolado. Efectos sobre el establecimiento de brinzales de especies rebrotadoras bajo el dosel. III Reunión del grupo de trabajo de Hidrología Forestal (SECF) "La hidrología forestal: ciencia y técnicas útiles". Valencia, 9-11 Marzo. **Ponencia Oral.**
- VALLEJO V. R., ALLOZA J. A., BAEZA J., VALDECANTOS A., VILAGROSA A. 2014. La millora de resultats en plantacions de restauració. 20 anys d'investigació aplicada. Jornada EcoPlantMed - València, 13 novembre 2014. **Conferencia invitada.**
- GAVINET J., VILAGROSA A., CHIRINO E., GRANADOS M. E., VALLEJO V. R., PRÉVOSTO B. 2014. Effect of Aleppo pine thinning on development of introduced hardwood species: a comparison between SE France and SE Spain. Coll L, Climent J, Ximenis I, Bravo-Oviedo A & Mutke S (eds.). 5th International Conference on Mediterranean Pines (Medpine5), Solsona 2014. Bbook of abstracts. INIA, pp: 56. **Ponencia oral.**
- GRANADOS M. E., VILAGROSA A., GARCÍA-ALBA, J., VALLEJO V. R. 2014. Establecimiento de especies rebrotadoras en bosques de Pinus halepensis: Facilitación o competencia. 9º Congreso Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación y Tercer Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán. 16-17 Octubre 2014. Morelia (Michoacán, México). **(Com. Oral).**
- VILAGROSA A. 2014. Características del SLA en diferentes especies y grupos funcionales. IV Coloquio de primavera sobre ecofisiología forestal. Año de Moncayo (Zaragoza). 7-9 Mayo. **Presentación oral.**
- VASQUES, A., CHIRINO, E., VILAGROSA, A., VALLEJO, R., KEIZER, J. 2014 The role of seed provenance in the



early development of *Arbutus unedo* seedlings under contrasting watering conditions. NAEM 2014, NETHERLANDS, 11-12/02/2014. **Poster**

- GRANADOS M.E., VILAGROSA A., CHIRINO E., VALLEJO V.R. 2014. Respuesta de especies mediterráneas a la disponibilidad de luz y agua en condiciones de campo. XI encuentro Participación de la Mujer en la Ciencia. 14-16 Mayo 2014. León, Guanajuato, México. **(Com. Oral)**.
- VILAGROSA A., CHIRINO E., GRANADOS ME, HEREDIA M, CORTINA J, VALLEJO VR. 2013. Adapting ecological restoration to global change. In: Congress about Adapting to global change in the Mediterranean hotspot. Organizado por CSIC, Ecogenes project (FP 7, EU). Sevilla 18-20 Septiembre. **Poster**
- GRANADOS M.E., VILAGROSA A., CHIRINO E., VALLEJO V.R. 2013. Uso de especies rebrotadoras para aumentar La resiliencia de bosques mediterráneos frente a incendios forestales. En: XI Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales-SOMEREFO, 1-4 Octubre 2013, Saltillo Coahuila, México. **Comunicación Oral**.
- VILAGROSA A. 2013. Restauración forestal en zonas degradadas y afectadas por incendios forestales en el sudeste peninsular: el programa de investigación forestal del CEAM. En: Creando Redes, I Foro de Restauración Ecológica, 4-5 Julio, Madrid. **Comunicación Oral**.
- VILAGROSA A. 2013. Ecofisiología de especies Mediterráneas aplicada a la Restauración de Ecosistemas. Tercer Coloquio de Ecofisiología, Sant Celoni, Barcelona. 26-28 Junio. **Comunicación Oral**.
- VILAGROSA A. 2013. Están las especies germinadoras mejor preparadas para vivir en los ecosistemas mediterráneos?. Tercer Coloquio de Ecofisiología, Sant Celoni, Barcelona. 26-28 Junio. **Comunicación Oral**.
- VILAGROSA A. 2012. Restauración de áreas aterradas con pinos en el marco del proyecto piloto de restauración en Albaterra. En: encuentro de restauración de áreas afectadas por aterrazamiento y pinares de reforestación. Murcia, 19 diciembre 2012. Organizado por ANCE, CEBAS-CSIC y CEMACAM. **Oral**.
- VILAGROSA A., LLORCA M., PUÉRTOLAS J., LUIS V.C., CHIRINO E., LLOVET J., BAUTISTA S., ALLOZA J.A., VALLEJO V.R. 2012. Interacciones entre funcionalidad y diversidad en ecosistemas degradados y su relación con las actividades de reforestación. En: Avances en la restauración de ecosistemas forestales. II Reunión conjunta del Grupo de Trabajo de Repoblaciones Forestales de la SECF y del Grupo de Trabajo de Restauración Ecológica de la AEET. Palencia, 22-23 Noviembre 2012. **Comunicación Oral**.
- CHIRINO E., ERADES, A., VILAGROSA A., VALLEJO V.R. 2012. Dinámica, morfología y topología del sistema radical de seis especies leñosas mediterráneas. II Reunión conjunta del Grupo de Trabajo de Repoblaciones Forestales de la SECF y del Grupo de Trabajo de Restauración Ecológica de la AEET. Palencia, 22-23 Noviembre 2012. **Poster**.
- GRANADOS, M.E., VILAGROSA A., CHIRINO E., VALLEJO V.R. 2012. Utilización de especies rebrotadoras para la restauración de bosques perturbados por incendios forestales. 7º congreso estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación (CECTI). 30 y 31 de Octubre del 2012, Michoacán, Morelia, México.
- GRANADOS, M.E., VILAGROSA A., CHIRINO E., VALLEJO V.R. 2012. Use of Woody resprouter species for ecological restoration under the canopy of Aleppo pine. 6th International Canopy Conference. October 24-27, Oaxaca, México.
- VILAGROSA A., PEGUERO, JJ. 2012. Nuevas herramientas para análisis de las relaciones hídricas en plantas. 2nd Coloquio de primavera sobre Ecofisiología Forestal. 19-22 Junio. Palma de Mallorca. **Oral**

D3. Tesis doctorales finalizadas relacionadas con el proyecto

Nombre del doctor, director de tesis, título, calificación, organismo...

- Estado nutricional de especies leñosas mediterráneas e implicaciones en la restauración ecológica. Roman Trubat Domenec. Universidad de Alicante. Dept. Ecología. Directores tesis: J. CORTINA Y A. VILAGROSA. Parcialmente relacionada
- Aspectos ecológicos de *Quercus coccifera* L. de interés en planes de conservación y restauración forestal. Estrella Pastor Llorca. Universidad de Alicante. Dept. Ecología. Directores tesis: A. BONET Y A. VILAGROSA. Parcialmente relacionada

En realización:

- Miriam Heredia (En realización). Ecohidrología de bosques de pino carrasco. Vulnerabilidad y resistencia a la sequía del pino y especies coexistentes en el contexto de la restauración forestal. U. Barcelona. Dir: A. Vilagrosa, E. Chirino,



R. Vallejo. Totalmente relacionada

- M^aElena Granados (En realización). Restauración de bosques de *Pinus halepensis* mediante el uso de especies rebrotadoras para favorecer la resiliencia del ecosistema frente a posibles perturbaciones. U. Barcelona. Dir: R. Vallejo, A. Vilagrosa. Totalmente relacionada

Tesis master y bachelor:

Tesis-Master: López Serrano, L. 2014. Is poor seedling development after outplanting related to greater chances to die?. TFM del Master en Gestión y Restauración del Medio Natural. Univ Alicante. Dirección: A. Vilagrosa. Muy relacionada

Tesis-bachelor: Cezanovic A.(2015) Survival, growth and functional leaf traits of several species used for reforestation in Mediterranean ecosystems Univ Eberswalde, Germany. Dirección: A. Vilagrosa (CEAM), P. Spathelf (Univ Eberswalde, Germany). Muy relacionada

Tesis-Master: Molina Villamar, J.E. 2015. Supervivencia en la reforestación de Albaterra después del verano de 2014. TFM del Master en Gestión y Restauración del Medio Natural. Universidad de Barcelona. Dirección: A. Vilagrosa, V.R. Vallejo. Parcialmente relacionada

D4. Otras publicaciones derivadas de colaboraciones mantenidas durante la ejecución del proyecto y que pudieran ser relevantes para el mismo, así como artículos de divulgación libros, conferencias

Autores, título, referencia de la publicación...

Con agradecimientos explícitos al proyecto:

1. Peguero-pina, J. J., Sancho-Knapik, D., Barrón, E., Camarero, J. J., Vilagrosa, A., and Gil-Pelegrín, E., 2014. Morphological and physiological divergences within *Quercus ilex* support the existence of different ecotypes depending on climatic dryness. *Annals of Botany*, doi: 10.1093/aob/mcu108: 301-313. <http://dx.doi.org/10.1093/aob/mcu108>
2. Cortina, J., Vilagrosa, A., and Trubat, R., 2013. The role of nutrients for improving seedling quality in drylands. *New Forests*, 44: 719-732. <http://dx.doi.org/10.1007/s11056-013-9379-3>
3. Disante, K., Cortina, J., Vilagrosa, A., Fuentes, D., Hernández, E. I., and Ljung, K., 2013. Alleviation of Zn toxicity by low water availability. *Physiologia Plantarum*, 150:412-424. <http://dx.doi.org/10.1111/ppl.12095>
4. Vasques, A., Chirino, E., Vilagrosa, A., Vallejo, V. R., and Keizer, J. J., 2013. The role of seed provenance in the early development of *Arbutus unedo* seedling under contrasting watering conditions. *Environmental and Experimental Botany*, 96: 11-19. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.08.004>
5. Cortina, J., Ruiz-Mirazo, J., Amat, B., Amghar, F., Bautista, S., Chirino, E., Derak, M., Fuentes, D., Maestre, F. T., Valdecantos, A., and Vilagrosa, A., 2012. Bases para la restauración ecológica de espartales. UICN. Gland, Suiza y Málaga, España. 26 pp.
6. Trubat, R., Cortina, J., and Vilagrosa, A., 2012. Root architecture and hydraulic conductance in nutrient deprived *Pistacia lentiscus* L. seedling. *Oecologia*, 170: 899-908. <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-012-2380-2>
7. Chirino, E., Vilagrosa, A., and Vallejo, V. R., 2011. Using hydrogel and clay to improve the water status of seedling for dryland restoration. *Plant Soil*, 344: 99-110. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-011-0730-1>
8. Vilagrosa, A., Llorca, M., Puértolas, J., Luis, V. C., Chirino, E., Llovet, J., Bautista, S., Alloza, J. A., and Vallejo, V. R., 2013. Cambios en la funcionalidad y diversidad en ecosistemas degradados y su relación con las actividades de reforestación. In: Martínez-Ruiz, C., Lario Leza, F. J., and Fernández-Santos, B., (eds.). *Avances en la restauración de sistemas forestales. Técnicas de implantación pp:143-148*. SECF-AEET, Madrid, España.

Página web del proyecto:

<http://www.ceam.es/survive/SURVIVE.htm>



E. Personal activo en el subproyecto

Relacione la situación de todo el personal de las entidades participantes que haya prestado servicio en el proyecto en la anualidad que se justifica, o **que no haya sido declarado anteriormente**, y cuyos costes (salariales, dietas, desplazamientos, etc.) se imputen al mismo

					Si no incluido en solicitud original:		
	Nombre	NIF/NIE	Catg. ^a profesional	Incluido en solicitud original (S/N)	Función en el proyecto	Fecha de alta	Observaciones
1	Alberto Vilagrosa Carmoña	37741679J	Científico Titular	S			
2	José Antonio Alloza Millán	38499918B	Técnico Superior Especializado	S			

Cree tantas filas como necesite

-En este capítulo solo debe incluir al personal vinculado de las entidades participantes en el proyecto. Los gastos de personal externo (colaboradores científicos, autónomos...) que haya realizado tareas para el proyecto deben ser incluidos en el capítulo de "Varios".

-Las "Altas" y "Bajas" deben tramitarse de acuerdo con las instrucciones para el desarrollo de los proyectos de I+D+i expuestas en la página web del ministerio.



F. Gastos realizados durante la anualidad

Debe cumplimentarse este apartado independientemente de la justificación económica enviada por la entidad

Se recomienda consultar las instrucciones para la elaboración de los informes de seguimiento científico-técnico de proyectos

F1. Gastos de personal (indique número de personas, situación laboral y función desempeñada)				
	Nombre	Situación laboral	Función desempeñada	Importe
1	José Antonio Alloza Millán	Doctor Ingeniero Agrónomo. Contrato Indefinido	Participación directa en las tareas 2.3 y 4.3 (cálculo del equilibrio hidrológico afectado por la condiciones climáticas) y apoyo en el correcto desarrollo de la tarea 3.1	1.276,53
2	Alberto Vilagrosa Carmona	Doctor Ciencias Biológicas. Contrato Indefinido.	Investigador Principal. Supervisión del desarrollo del proyecto. Responsable directo del WP3 (Tareas 3.1 y 3.2)	3.002,60
Total gastos de personal				4.279,12

Cree tantas filas como necesite

F2. Material inventariable (describa el material adquirido)				
	Identificación del equipo	Descripción del equipo	Importe	Previsto en la sol. original (S/N)
1				
2				
Total gastos material inventariable				

Cree tantas filas como necesite

F3. Material fungible (describa el tipo de material por concepto o partida, p. ej., reactivos, material de laboratorio, consumibles informáticos, etc.)				
	Concepto	Importe	Previsto en la sol. original (S/N)	
1				
2				
Total gastos material fungible				

Cree tantas filas como necesite

F4. Viajes y dietas (describa la actividad del gasto realizado y las personas que han realizado la actividad). Debe incluir aquí los gastos derivados de la asistencia a congresos, conferencias, colaboraciones, reuniones de preparación de propuestas relacionados con este proyecto, etc.)				
	Concepto	Importe	Nombre del participante	Previsto en la sol. original (S/N)
1	Utilización de vehículo de la Universidad de Alicante para salidas al campo. Seguimiento de trabajos de campo y toma de muestras. WP2, tareas 2.1,2.2 y WP3, tarea 3.1	506,40	Alberto Vilagrosa Carmona	S
2	Utilización de vehículo de la	94,00	Alberto Vilagrosa	S



	Universidad de Alicante para salidas al campo. Seguimiento de trabajos de campo y toma de muestras. WP2, tareas 2.1,2.2 y WP3, tarea 3.1		Carmona	
3	Utilización de vehículo de la Universidad de Alicante para salidas al campo. Seguimiento de trabajos de campo y toma de muestras. WP2, tareas 2.1,2.2 y WP3, tarea 3.1	147,60	Alberto Vilagrosa Carmona	S
4	Gastos de alojamiento por viaje a Valencia para asistencia a la III Reunión del Grupo de Trabajo de Hidrología Forestal.	100,00	Alberto Vilagrosa Carmona	S
5	Gastos de alojamiento por viaje a Coimbra (Portugal) para asistencia a Congreso de Ecología. Presentación de resultados del proyecto con comunicación oral.	195,00	Alberto Vilagrosa Carmona	S
6	Billetes de avión Valencia-Oporto-Valencia, viaje a Coimbra (Portugal) para asistencia a Congreso de Ecología del 16/06 al 19/06. Presentación de resultados del del proyecto con comunicación oral.	367,34	Alberto Vilagrosa Carmona	S
7	Gastos de manutención, transporte y taxis por desplazamiento a Valencia desde Alicante para asistencia a la III Reunión del grupo de trabajo de Hidrología Forestal. Seguimiento del proyecto y resultados.	130,84	Alberto Vilagrosa Carmona	S
8	Gastos de kilometraje por desplazamiento a Xixona La Carrasqueta desde la Univ. De Alicante en San Vicente del Raspeig para visitar las zonas de sequía y recogida de muestras para su posterior análisis de vulnerabilidad a la sequía.	13,30	Alberto Vilagrosa Carmona	S
9	Gastos de kilometraje por desplazamiento a Guardamar desde la Univ. De Alicante en San Vicente del Raspeig para visita al vivero de monitorización de cultivo de esparto con diversas procedencias.	19,38	Alberto Vilagrosa Carmona	S
10	Gastos de kilometraje por	36,75	Alberto Vilagrosa	S



	desplazamiento a Vall d'Albaida desde la Univ. Alicante en San Vicente del Raspeig para seguimiento de trabajos de campo y toma de muestras para su posterior análisis de vulnerabilidad.		Carmona	
11	Gastos de manutención, transporte, taxis y parking por desplazamiento a Coimbra (Portugal) para asistencia a Congreso de Ecología. Comunicación oral.	211,45	Alberto Vilagrosa Carmona	S
Total viajes y dietas		1.822,06		

Cree tantas filas como necesite

F5. Otros gastos (describa por concepto; debe incluir aquí, entre otros, los gastos derivados de personal no incluido en el equipo de trabajo indicando la actividad a la que corresponde dicho gasto, así como el gasto derivado de la inscripción a congresos o conferencias)

	Concepto	Importe	Nombre del participante	Previsto en la sol. original (S/N)
1	Inscripción a la III Reunión del Grupo de Trabajo de Hidrología Forestal	85,00	Alberto Vilagrosa Carmona	S
2	Análisis de almidón y carbohidratos según analítica standard a partir de muestras recolectadas en experimento. Se analiza la vulnerabilidad a la sequía.	3.995,04	Agrolab Analítica, s.l.	S
Total otros gastos		4.080,04		

Cree tantas filas como necesite

F6. Total ejecutado (costes directos únicamente)

Importe total ejecutado durante la anualidad	10.181,22
---	------------------

F7. Descripción de gastos no contemplados en la solicitud original (si ha realizado algún gasto no contemplado en la solicitud original, justifique la necesidad de su adquisición en este apartado)

--

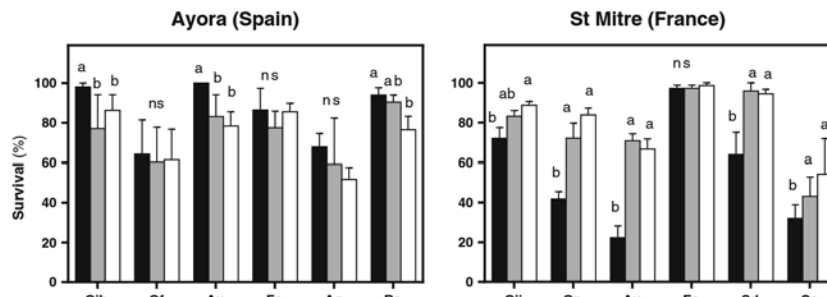
G. Gastos realizados desde el inicio del proyecto

Importe total ejecutado (costes directos únicamente)	80.303,32
---	------------------



ANEXO. FIGURAS.

WP 2. IMPLICATIONS OF ALEPPO PINE (*PINUS HALEPENSIS*) FORESTS IN THE WATER BALANCE AND DYNAMICS OF THE COMMUNITY.



WP 3. EFFECT OF DROUGHT EVENTS AND CLIMATIC LIMITATIONS IN THE PERSISTENCE OF PINE FORESTS AND CO-OCCURRING SPECIES.



Figura 2. Mortalidad del pinar de la sierra de Orihuela. Foto tomada en Octubre 2015.

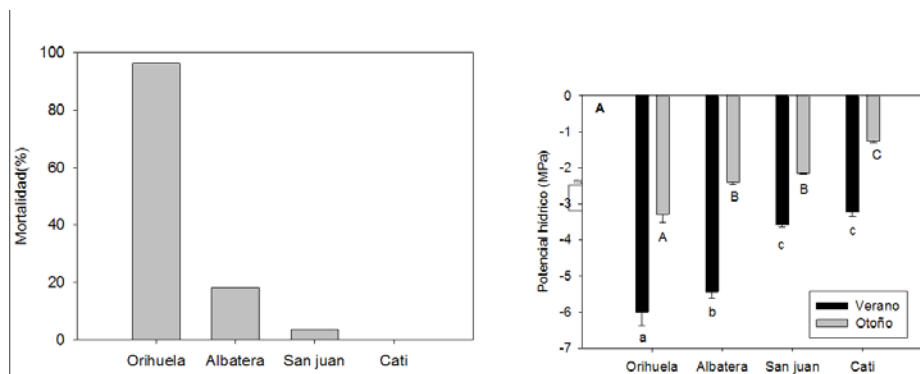


Figura 3. Izquierda: Mortalidad en los diferentes pinares seleccionados para el estudio. Derecha: Nivel de estrés hídrico alcanzado (potencial hídrico) inmediatamente después del verano y tras las lluvias otoñales.

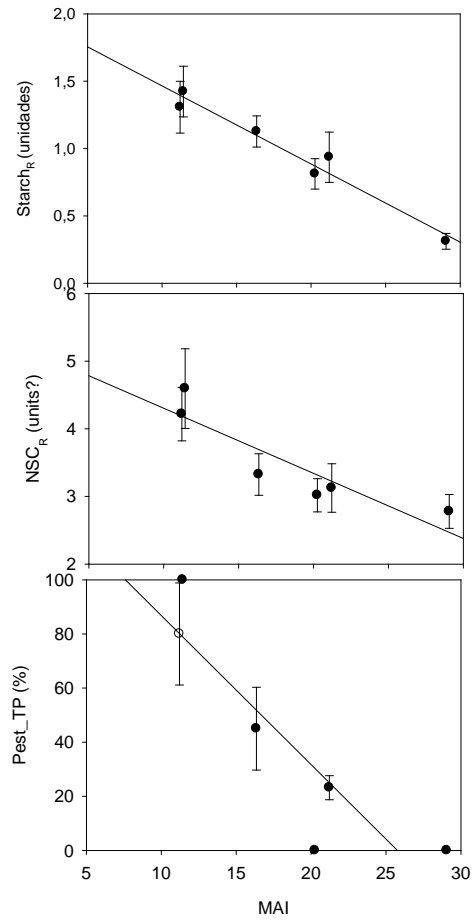


Fig 4. Correlaciones entre el contenido de almidón (starch) en raíces, carbohidratos no estructurales (NSC) en raíces y grado de afectación por plagas (Pest_TP, %) y el índice de aridez de Martonne (MAI) para cada una de las parcelas estudiadas.

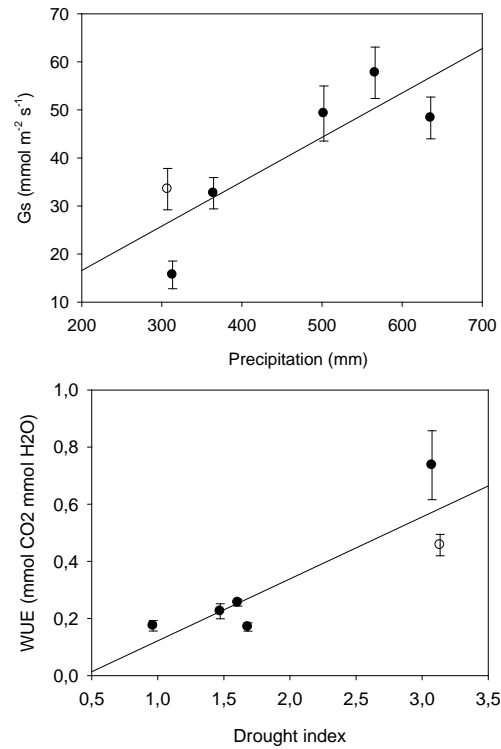


Fig. 5. Correlaciones entre las tasas de intercambio de gases (conductancia estomática, Gs y eficiencia en el uso del agua, WUE) y el promedio de precipitación anual y el índice de sequía, expresado como P/ETP (P:precipitación anual, ETP: evapotranspiración anual).

Tabla 1. Coeficientes de correlación de Pearson (r) y P-valores of the statistical analysis among climatic (annual precipitation, drought index and Martone aridity index-MAI) and main functional variables. Valores en negrita indicant correlaciones significativas al P<0,05: *, P<0,01: ** and P<0,01: ***.

Climatic Variable	Functional variables	Experimental sites		
		r Value	P Value	
Annual Precipitation	GS _{summer}	0,846*	0,034	
	iWUE _{summer}	-0,779 ^{ns}	0,068	
	Ks _i _{spring}	0,787 ns	0,063	
	Starch _R _{summer}	-0,952**	0,003	
	SS _R _{spring}	-0,801 ns	0,056	
	SS _R /NSC _R _{summer}	-0,758 ns	0,081	
	SS _R /NSC _R _{summer}	0,786 ns	0,064	
	SW/LA	-0,794 ns	0,059	
	Drought Index	ASummer	0,747 ns	0,088
		SummWuei	0,879*	0,021
SummStarchL		-0,748 ns	0,087	
SummStarchR		0,865*	0,026	
SprSSR		0,735 ns	0,096	
SummSSR		0,842*	0,036	
SummTNSCL		-0,843*	0,035	



SummTNSCR	0,967**	0,002
TPro_Pests	0,870*	0,024

MAI

SummGs	0,734 ns	0,097
SummWuei	-0,778 ns	0,068
SummStarchR	-0,980**	0,001
SprSSR	-0,894*	0,016
SummTNSCL	0,745 ns	0,090
SummTNSCR	-0,896*	0,016
SprSSR/TNSCR	-0,867*	0,025
SummSSR/TNSCR	0,815*	0,048
TPro_Pests	-0,874*	0,023

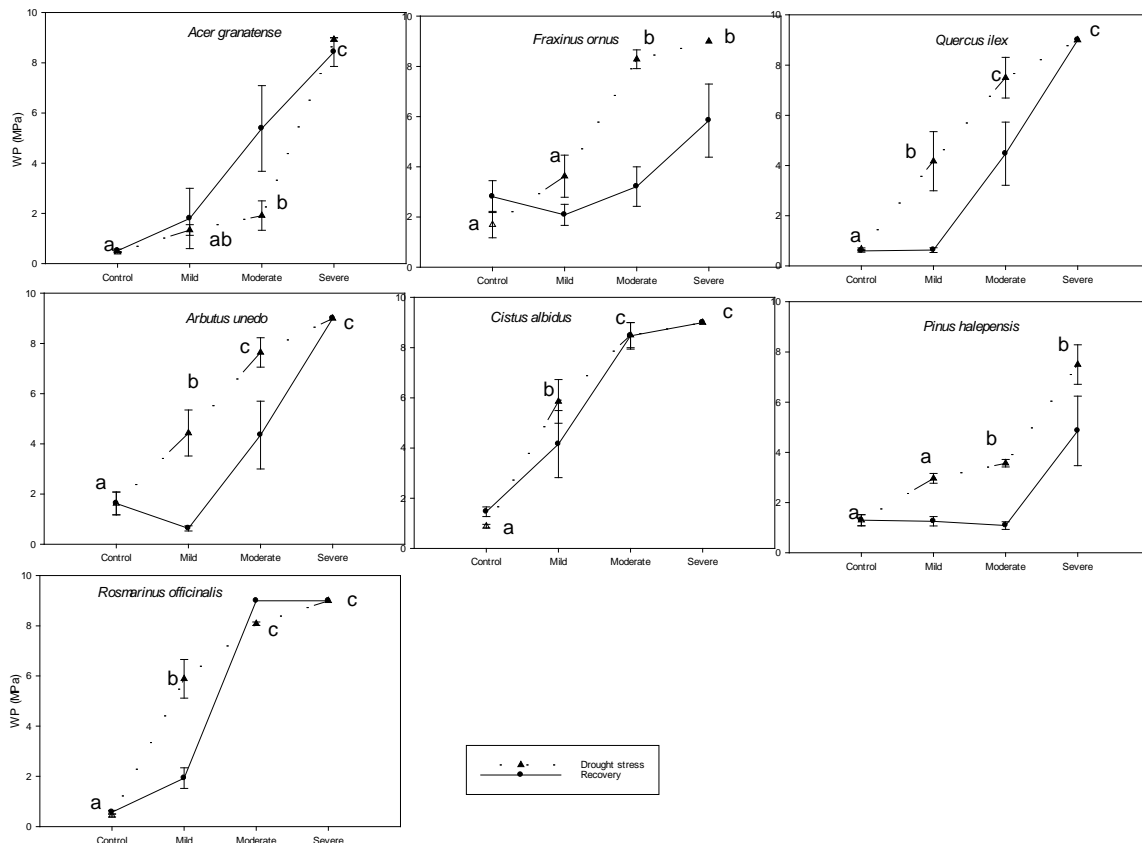


Fig. 6. Potencial hídrico al alba en las siete especies estudiadas durante el periodo de sequía (línea continua) y la recuperación posterior a la rehidratación (línea discontinua). Las medidas de rehidratación se obtuvieron al cabo de un mes de la rehidratación, permitiendo un cierto periodo de recuperación de la funcionalidad de la planta. Si las dos líneas presentan valores similares en cada punto indica no recuperación del potencial hídrico a pesar de la rehidratación. Si los valores de la línea continua (recovery) están por debajo de los obtenidos en la línea discontinua (drought stress) indica que se ha producido una recuperación y, por tanto, las plantas han sido capaces de recuperar cierta funcionalidad. Si la línea continua está por encima de la discontinua indicaría que el nivel de estrés afectó negativamente a la planta y que no ha sido capaz de recuperar la hidratación y ha perjudicado su funcionalidad (Ej . *A. granatense* en condiciones moderadas de estrés, la pérdida de conductividad hidráulica ha supuesto que tenga una menor capacidad de rehidratación). Los niveles de estrés hídrico fueron cuatro: Control (no estrés, riego durante todo el periodo, humedad suelo (HS) >18% p/p), Mild (suave, HS=4.1-6.0% p/p), Moderate (moderado, HS=2.6-4.0% p/p) and Severe (severo, HS<2.5% p/p). Comparaciones realizadas mediante one Way



ANOVA, donde letras diferentes indican diferencias significativas entre sequía y recuperación para cada punto ($P < 0.05$).

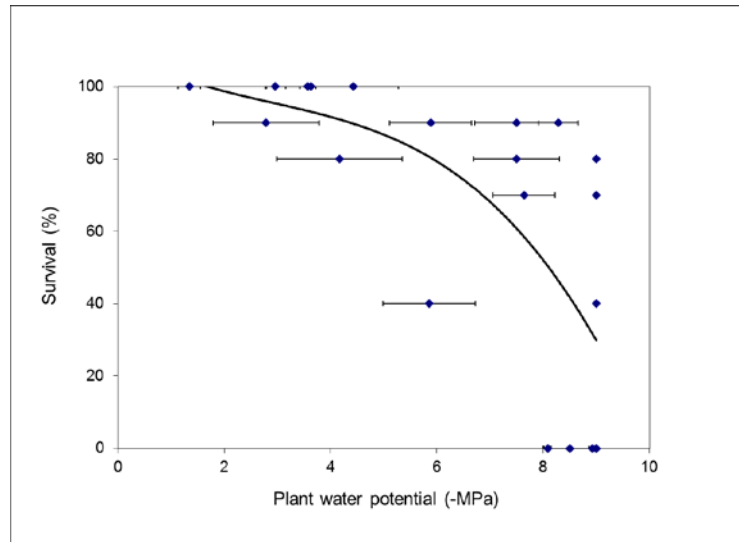


Fig 7. Relación entre supervivencia y los potenciales hídricos alcanzados por todas las especies en conjunto en las diferentes condiciones de sequía. Se observa que a partir de valores de potencial hídrico sobre -8MPa se produciría un incremento de la mortalidad importante, independientemente de la especie que se trate, situando ese valor de potencial hídrico como umbral de grandes eventos de mortalidad.



Fig 8. Aspecto de *Cistus albidus* durante el proceso de desecación por sequía intensa. Los dos últimos estadios (moderado y severo, izquierda fotografía) no permitieron la recuperación de los individuos que se situaron con potenciales hídricos en torno a -8MPa o inferiores.

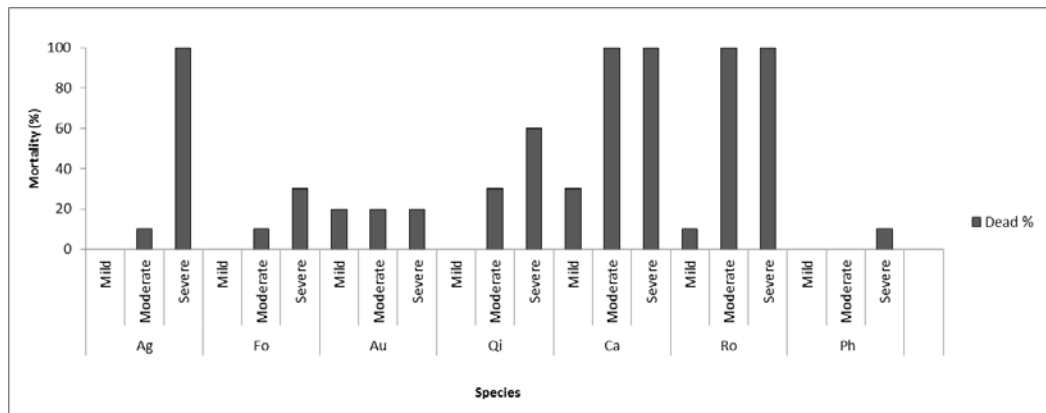


Fig 9. Mortalidad (%) por especie y nivel de estrés hídrico durante el ciclo de sequía. Es importante señalar que en función de las características de cada especie los potenciales hídricos alcanzados fueron diferentes entre especies, produciendo la mortalidad diferenciada que se observa. Sin embargo, como se observa en la Fig. 6, se detectó que cuando una especie alcanzó potenciales hídricos por debajo de -8MPa , los valores de mortalidad se dispararon y la recuperación fue muy difícil. Especies estudiadas: Ag: *Acer granatense*, Fo: *Fraxinus ornus*; Au: *Arbutus unedo*; Qi: *quercus ilex*; Ca: *Cistus albidus*; Ro: *rosmarinus officinalis*; Ph: *Pinus halepensis*. Los niveles de estrés hídrico fueron cuatro: Control (no estrés, riego durante todo el periodo, humedad suelo (HS) $>18\%$ p/p), Mild (suave, HS= $4.1-6.0\%$ p/p), Moderate (moderado, HS= $2.6-4.0\%$ p/p) and Severe (severo, HS $<2.5\%$ p/p).

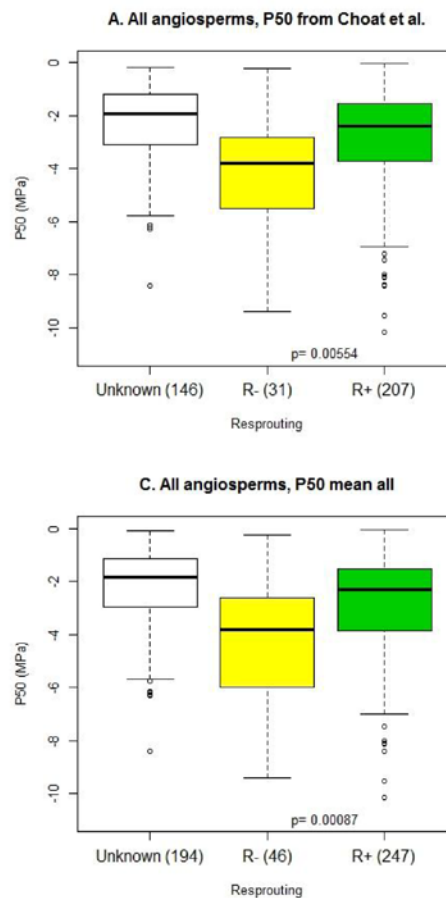


Fig. 10. Valores de P50 (potencial hídrico en el cual se alcanza el 50% de pérdida de capacidad de transporte de agua por el xilema o conductividad hidráulica) para los tres grupos de especies estudiados. R+: especies rebrotadoras, R-: especies no rebrotadoras, Unknown: especies con estrategia desconocida. El estudio se realizó sobre un total de 247 especies. Extraído de Pausas et al., 2015.

