

---

7

**EVALUACIÓN DE LA SUPERVIVENCIA Y  
DEL CRECIMIENTO EN LA  
REFORESTACIÓN DEL PROYECTO PILOTO  
DE ALBATERA TRAS 12 AÑOS.**

---

*John Molina Villamar, V. Ramón Vallejo, Alberto Villagrosa*

---

# Evaluación de la supervivencia y del crecimiento en la reforestación del proyecto piloto de Albaterra tras 12 años

Evaluation of survival and growth in the reforestation of the pilot project of Albaterra after 12 years

John Enrique Molina Villamar <sup>(1)</sup>, V. Ramón Vallejo <sup>(2)</sup>, Alberto Villagrosa <sup>(3)</sup>  
Universidad Técnica de Babahoyo <sup>(1)</sup>  
biologia\_molina@hotmail.com <sup>(1)</sup>

<sup>(2)</sup>Profesor principal, Universidad de Barcelona

<sup>(3)</sup> Investigador de la Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM)

## Resumen

*El presente trabajo consiste en el seguimiento y evaluación de los resultados de la restauración forestal ecológica realizada en la cuenca de Albaterra durante los años 2003 y 2004, poniendo énfasis en la supervivencia después del verano de 2014 comparada con la supervivencia registrada en los años anteriores.*

*Para la toma de los datos ha sido necesario desplazarse a la cuenca durante 20 días entre los meses de febrero y marzo del 2015 para recoger datos de supervivencia y tamaño de las diez especies estudiadas: tres especies arbóreas (*Pinus halepensis*, *Tetraclinis articulata*, *Ceratonia siliqua*) y siete arbustivas (*Pistacia lentiscus*, *Quercus coccifera*, *Rhamnus lycioides*, *Ephedra fragilis*, *Chamaerops humilis*, *Juniperus oxycedrus* y *Olea europea ssp sylvestris*). Además fue necesario realizar otras tareas como la revisión de los datos históricos de las repoblaciones realizadas como del clima de la zona.*

*Los resultados muestran mayor supervivencia y crecimiento de los plantones plantados en la solana sobre los de umbría, y sobre todo sobre los ubicados en la unidad de terrazas forestales. Además se encontró una mayor supervivencia de los especímenes plantados en la campaña del año 2004 respecto a los introducidos en la campaña del 2003.*

**Palabras Claves:** Seguimiento, evaluación, restauración forestal ecológica, supervivencia, crecimiento.

## Abstract

*This work involves the monitoring and evaluation of an ecological restoration carried out in the Albaterra catchment during the years 2003 and 2004. The objective of this study is focused on plant survival after the summer of 2014 compared to data obtained in previous years.*

*For gathering the data it was necessary to travel to the basin for 20 days between February and March 2015 to collect data on survival and growth. Also, it was necessary to review historical data about the reforestation and gather the meteorological data of the area.*

*The results show higher survival and growth of planted species in the sun facing slopes than on the north oriented ones and especially on the unit located in the old afforestation terraces. Also we found higher survival of the seedlings planted during the reforestation of 2004 than those planted in 2003.*

**Keywords:** Monitoring, evaluation, ecological forest restoration, survival, growth.

## 1. Introducción

La cuenca de Albaterra se ubica al sureste de la Península Ibérica: una de las regiones mediterráneas más amenazadas por la desertificación de sus montes. Esta zona muestra un alto grado de degradación, consecuencia de las condiciones climáticas y edáficas limitantes, y de la acción antrópica (Vilagrosa et al. 2008). Antes de la restauración realizada en los años 2003 y 2004 la zona presentaba un elevado grado de degradación, baja cobertura de la vegetación pre-existente, con muchas zonas desnudas y favoreciendo

así los procesos erosivos. El clima de la zona con periodos de varios meses de sequía estival y elevadas temperaturas tiene valores de evapotranspiración muy elevados, dejando muy poca agua disponible para las plantas. Esta rigurosidad climática no favorece la regeneración natural de la vegetación (Chirino et al, 2009, de Kribeche et al, 2012).

Este tipo de ecosistemas ha sobrepasada en numerosas ocasiones su capacidad de respuesta a perturbaciones como explotación de leña para uso doméstico, uso ganadero, etc. Estos eventos, aunque propios de la región mediterránea, con muchas

especies adaptadas, unido a una sobreexplotación del monte y a un clima con precipitaciones muy irregulares y episodios de lluvias torrenciales, producen serios efectos como pérdidas de suelo por erosión. Las regiones áridas han sustentado a los seres humanos durante miles de años, y son particularmente sensibles a los cambios climáticos actuales y proyectados en el futuro (Reynolds et al, 2007).

La población humana históricamente se ha trasladado del campo a las ciudades del litoral, disminuyendo significativamente los usos del monte de antaño. Con climas favorables, es factible la recuperación natural de la cobertura vegetal de muchos montes. En nuestro caso, el clima semiárido no permite tal recuperación espontánea, siendo esta muy lenta o inexistente. En casos que el nivel de degradación sobrepasa los umbrales ecológicos, aunque las causas directas hayan desaparecido, el ecosistema no puede recuperarse por sí solo y continúa con la pérdida de funcionalidad y recursos, apareciendo procesos degradativos espontáneos (Thornes y Brandt 1994). La reversión de estos procesos entonces sólo es posible con las intervenciones del hombre en forma de acciones de restauración (Vallejo et al. 2006).

La restauración de la cubierta vegetal es una de las alternativas disponibles para frenar la desertificación, se trata de la reintroducción de especies clave cuya presencia, incluso modesta, ayuda a mejorar la composición y funcionamiento de los ecosistemas (Cortina & Vallejo, 1999). Sin embargo, estas restauraciones muchas veces no tienen resultado exitoso debido a que las condiciones del medio hacen que sea difícil la supervivencia y crecimiento de los plántones (Vilagrosa et al. 2013).

En resumen, los problemas específicos de la cuenca de Albufera antes de la restauración del 2003-2004 eran básicamente tres (Vilagrosa et al. 2008):

- Pérdida de funcionalidad del ecosistema. El agua discurre superficialmente en vez de infiltrarse en el suelo, de esta manera el agua de escorrentía lava materia orgánica, nutrientes y semillas. Queda reducida la disponibilidad hídrica para las plantas, el reciclado de nutrientes *in situ* y el banco de semillas.

- Alteración profunda de las características del paisaje. Debido a la construcción de terrazas de repoblación, infraestructuras de riego y sobrepastoreo. Estas presiones sobre el territorio han producido serias afecciones en la hidrología de la cuenca en cuanto a la formación de regueros, cárcavas y movimientos en masa.

- Riesgo de inundaciones. Según el Plan de Acción Territorial de Carácter Sectorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación en la Vega Baja de la Comunidad Valenciana (PATRICOVA), la zona

entre Albufera y Crevillente, donde se encuentra la cuenca, forma parte de una zona con riesgo de inundaciones en eventos de precipitación intensa.

## 1.1 Objetivos

El objetivo principal de este trabajo fue evaluar la evolución de la reforestación y el impacto de la intensa sequía del año 2014 ocurrida en la zona y como pudo afectar la supervivencia de los especímenes plantados en la cuenca de Albufera. Para ello se marcaron los siguientes objetivos específicos:

1. Estudiar la evolución de la supervivencia de los plántones introducidos en las dos plantaciones (2003 y 2004) hasta la campaña de muestreo del 2015 y analizar la variación espacial de los resultados a escala de unidades ambientales (solana, umbría, terrazas) y a nivel de especie.

2. Estudiar la evolución del crecimiento (altura y diámetro) de los plántones introducidos hasta la campaña de muestreo de marzo de 2015, por especie, unidad ambiental y año de plantación.

3. Analizar las características climáticas posteriores a la plantación y su posible relación con los resultados obtenidos.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1. Estudio del medio

En los años 2003 y 2004 se realizó un proyecto piloto de restauración forestal de áreas con fuertes procesos de desertificación en Albufera. La dirección científica del proyecto corrió a cargo del CEAM y la Universidad de Alicante, la financiación por parte de la Conselleria de Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana. Las actuaciones de restauración se realizaron en una pequeña cuenca de unas 25 ha perteneciente al monte de U.P. nº 72 de la provincia de Alicante, conocido como “Sierra y Lomas”, situada en la falda de la solana del extremo oeste de la Sierra de Albufera - Crevillente y propiedad del Ayuntamiento de Albufera, una de las zonas más intensamente afectadas por la desertificación en el sur de Europa (Vilagrosa et al., 2008). La mencionada cuenca se incluye en la cuenca hidrográfica del Vinalopó – Segura.

Toda la extensión de la repoblación se encuentra en la hoja 892 – IV del Mapa Topográfico Nacional de España a escala 1:25.000. Las coordenadas geográficas UTM (Datum Europeo ED50, Huso 30) de los límites del área de la cuenca son Norte: 681965,00/4234326,50; Sur: 682892,00/ 4232968,50; Este: 682957,75/ 4233058,50; Oeste: 681955,00/ 4234320,00.

## 2.2. Morfología

La zona de estudio se caracteriza por tener una morfología muy irregular, en general escarpada y con numerosas ondulaciones del terreno, formando pequeñas vaguadas que localmente favorecen la acumulación de la escorrentía y de los recursos, así como vertientes convexas que tienden a exportar sus recursos. La solana y la umbría en sus partes más elevadas, presentan una pendiente destacable, de unos 25°, que dificulta el acceso y los trabajos de campo.

La cuenca tiene una altitud máxima en la cabecera, al norte, de 415 m y una mínima de 171 m en el punto de cierre de la misma, al sur. Tiene por tanto 244 m de desnivel, con una altitud media de 234,5 m.

En cuanto a las orientaciones dominantes, la mayor parte de la cuenca se sitúa en dirección NE-SW, por tanto la vertiente izquierda con orientaciones predominantes SW, será la vertiente solana y la vertiente derecha, de orientación predominante NE, será la vertiente de umbría. El tercio superior de la cuenca no presenta dos ambientes tan diferenciados como el inferior, donde el cauce divide la cuenca en las dos vertientes antes mencionadas, solana y umbría. Excepto la cabecera, gran parte de la cuenca sufrió serias modificaciones en el relieve original en el pasado, ya que se realizó una plantación de pinos (*Pinus halepensis*) en los años 1970 mediante el aterrazamiento del perfil original del monte. En total las zonas estudiadas abarcan 14.36 ha (Tabla 1).

**Tabla 1.** Superficie de las unidades ambientales

Unidad Ambiental	Superficie (ha)
Terrazas (UA 2)	6,885
Solana (UA 3)	8,714
Umbría (UA 4)	3,197
Total	14,366

## 2.3. Clima

Las precipitaciones son bajas, en torno a los 300 mm anuales, repartidas básicamente durante la primavera y el otoño con temperaturas medias anuales en torno a los 19 C°.

El clima de la zona se define como semiárido termomediterráneo seco estepario cálido (BSh, según la clasificación climática realizada por Köpen), clima de transición entre el Mediterráneo y el desértico.

Estos datos identifican el verano como un período muy duro para las plantas, con niveles de estrés muy elevados. A la vista de este hecho, se deduce que la mejor época para realizar la plantación será a finales de otoño o principios de invierno, cuando la humedad del suelo es más elevada y las temperaturas suaves

(superiores al teórico umbral de actividad vegetativa de 7,5 C°). De esta forma se permite que las plantas se recuperen del estrés que supone el transplante y vayan colonizando el hoyo de plantación con sus raíces para resistir el período estival siguiente.

## 2.4. Vegetación potencial, vegetación previa a la restauración y tipos de suelo

A partir de los conceptos de vegetación potencial y serie de vegetación se identificaron las especies que potencialmente cubrirían el territorio de la cuenca de actuación del presente proyecto de restauración.

La cuenca de actuación de Albaterra pertenece, según Rivas Martínez (1987), al piso termomediterráneo de la Región Mediterránea. El cual se encuentra representado en la cuenca por la serie termomediterránea Murciano-almeriense semiárida del lentisco (*Pistacia lentiscus*).

Vegetación previa a la restauración 2003-2004, tipo de suelos y procesos de degradación: la vegetación existente antes de las actuaciones de restauración estaba lejos de la vegetación potencial antes descrita y estaba formada por las etapas de degradación (Matorral degradado y Pastizales). La mayoría de la cuenca presentaba valores bajos de recubrimiento, con extensas zonas con el suelo desnudo y evidentes signos de encostramiento superficial. Otra característica común en toda la cuenca es la elevada pedregosidad y un tipo de suelo margoso fácilmente erosionable. Además de las repoblaciones aterrazadas con pinos (*Pinus halepensis*) en los años 1970s, que tuvieron resultados variables de supervivencia pero muy bajos de crecimiento, la cuenca fue repoblada mediante ahoyado con barrena en el año 1997, introduciendo *Pinus halepensis*, *Pinus pinea* y araar (*Tetraclinis articulata*). Actualmente la supervivencia es escasa, con individuos dispersos y poco desarrollados de araar y algún pino carrasco.

Las principales especies que actualmente forman parte del matorral y pastizal degradado son: *Globularia alypum*, *Anthyllis cytisoides*, *Stipa tenacissima*, *Brachypodium retusum*, *Helianthemum squamatum*, *Anabasis articulata*, e individuos dispersos de *Quercus coccifera*, *Pistacia lentiscus*, *Rhamnus lycioides*, *Ephedra fragilis*, *Olea europaea*, *Pinus halepensis*, *Chamaerops humilis*, *Tetraclinis articulata*.

## 2.5. Objetivos de la restauración realizada

Durante los años 2003 y 2004 se realizó una restauración cuyo objetivo principal consistió en reintroducir especies características de estas comunidades, de forma que contribuyesen a frenar

los procesos de desertificación que afectan a la cuenca utilizando la mejor tecnología disponible en su momento. Los objetivos específicos que se plantearon en la restauración ecológica fueron:

- Promover la mejora de la funcionalidad y la estructura del ecosistema, reponiendo la vegetación original que permita aumentar la fijación y permanencia en el tiempo de los recursos existentes, tanto agua como suelo y nutrientes, aumentando así la productividad del territorio.

- Incrementar la resiliencia del ecosistema para que pueda recuperarse de perturbaciones como periodos excepcionales de sequía y promover la regeneración espontánea con el aumento de la diversidad de especies presentes.

- Frenar la degradación de los suelos, especialmente en zonas con procesos erosivos muy activos como las terrazas, dando estabilidad a los taludes y disminuir el riesgo de avenidas torrenciales.

- Seguimiento de los resultados de cara a obtener conclusiones que sirvan para mejorar los resultados de otros proyectos. Dado el carácter público del proyecto se pretende también que las actuaciones sirvan para concienciar a la población de las dificultades existentes en la restauración del medio semiárido.

## 2.6. Estrategias y técnicas de restauración empleadas

**Selección de especie.** A partir de las series de vegetación, la presencia dispersa de las especies en la zona y la experiencia del CEAM en forestaciones en ambientes semiáridos, se escogieron las siguientes especies para restaurar la cuenca en sus diferentes unidades ambientales considerada:

- Especies arbóreas: *Pinus halepensis*, *Tetraclinis articulata*, *Ceratonia siliqua*.

- Especies arbustivas: *Pistacia lentiscus*, *Quercus coccifera*, *Rhamnus lycioides*, *Ephedra fragilis*, *Chamaerops humilis*, *Juniperus oxycedrus*, *Olea europea ssp sylvestris*.

- Especies herbáceas: *Stipa tenacissima*, *Lygeum spartum* (las cuales no fueron analizadas en este trabajo).

**Técnicas de plantación.** Para ayudar al éxito de la planta se utilizaron las siguientes técnicas de vivero:

- Contenedores grandes, de 400 cm<sup>3</sup> por alveolo para potenciar una mayor proporción de raíces en relación a la biomasa aérea. Envases con costillas laterales internas para evitar el reviramiento de las raíces y abiertos en el fondo para producir el repicado aéreo de estas. En el caso de especies con raíz pivotante dominante como la coscoja (*Quercus coccifera*) o el palmito (*Chamaerops humilis*) se emplearon envases largos de unos 30 cm para

potenciar el crecimiento de la raíz principal en longitud.

- Substrato formado por turba rubia y fibra de coco a partes iguales, de granulometría media con fertilización de fondo y corrección de pH.

- Cultivo a pleno sol menos durante la fase de germinación que se realizó bajo malla de sombreo. La elevada radiación que reciben los plantones provoca que estos vayan adecuando sus características fisiológicas y morfológicas a estas condiciones, por ejemplo, elevada densidad estomática, que permite una mejor regulación de la transpiración y mayor eficiencia en el uso del agua, lo que permitirá una mejor respuesta durante la sequía estival.

- Aplicación de un periodo de endurecimiento por limitación hídrica, de unos 2 meses al final del cultivo, para aumentar la capacidad de resistencia a la sequía (Vilagrosa et al, 2003).

**Tratamientos de campo.** Las técnicas de restauración que se detallan a continuación se diseñaron en función de las características de las diferentes unidades ambientales.

- Ahoyado mecánico con retroaraña, que permite realizar hoyos grandes de 60x60x60 cm, con un impacto muy bajo sobre la vegetación existente en la zona. Un buen hoyo de plantación es básico para la posterior colonización de las raíces y para garantizar cierta acumulación de humedad.

- Microcuencas. Se trata de realizar unos pequeños surcos en los laterales del hoyo de plantación para sistematizar la ladera en cuanto al agua de escorrentía. De esta manera el hoyo no solo recibe el agua que le cae directamente sino que también recibe el agua de escorrentía del área de impluvio situada en la parte superior del hoyo. Se ha demostrado que la realización de microcuencas aumenta el crecimiento de los plantones y suaviza los efectos la sequía (Saquete et al, 2006).

- Adición de enmiendas orgánicas en el hoyo. De esta manera se mejoran las propiedades fisicoquímicas, facilitando la obtención de agua y nutrientes. La dosis aplicada fue de 100 Mg/ha, unos 4 kg/hoyo. Se trataba de compost elaborado a base de residuos sólidos urbanos (RSU).

- Aplicación de un "mulch" o capa orgánica en la superficie del hoyo de plantación para disminuir la evaporación del agua del suelo. Esta capa no podía ser muy gruesa (unos 2 cm) para que no retuviese la humedad de pequeñas precipitaciones. Se utilizaron restos de poda y desbroces triturados, básicamente de pino carrasco. La dosis aplicada fue de 3 kg/hoyo o 1,5 Mg/ha.

- Utilización de protectores opacos en la unidad de solana para proteger a los plantones de las intensas radiaciones durante los primeros meses post-

transplante. Estos hacían unos 60 cm de largo, con agujeros de ventilación y reducían en un 75% la radiación, a la vez que ofrecían protección frente a la depredación, básicamente conejos.

- Utilización de mallas protectoras contra depredación en las unidades de umbría y terrazas, y que a la vez reducían entre un 10 y un 25% aproximadamente la radiación.

**Diseño de las parcelas permanentes de muestreo.** Para evaluar los resultados a corto y largo plazo de las actuaciones realizadas en la cuenca se establecieron diversas parcelas de muestreo, donde se etiquetaron los individuos introducidos para su posterior identificación y seguimiento de la evolución de la supervivencia y el crecimiento. De la plantación efectuada durante el invierno del año 2003 se establecieron 9 parcelas, 3 por unidad ambiental (terrazas, solana y umbría). De la plantación del año siguiente se establecieron otras 9 en las mismas unidades. En total se analizaron 18 parcelas, establecidas de manera que son representativas de las condiciones morfológicas y funcionales que rigen en la cuenca. La distribución de las especies por las diversas parcelas se realizó según los conocimientos disponibles sobre su autoecología y experiencia previa del CEAM en los proyectos de reforestación realizados (Tabla 2).

**Tabla 2.** Especies plantadas por unidad de muestreo

unidad	<i>Ch. triram</i>	<i>lis</i>	<i>C. silicua</i>	<i>E. fragilis</i>	<i>J. oxyce</i>	<i>drus</i>	<i>O. euro pea</i>	<i>P. hale</i>	<i>penis</i>	<i>P. lantiscus</i>	<i>Q.</i>	<i>coxicifera</i>	<i>R. pyra</i>	<i>des</i>	<i>T.</i>	<i>articularia</i>	Total
T1							17			25	18		28				88
T2							20			30	18		31				99
T3							22			26	17		25				90
T4							25			26	25		25				101
T5							25			26	26		25				102
T6							25			25	26		25				101
S1				18			18			27			24				87
S2				20			19			20			22				81
S3				19			16			21			29				85
S4				5			27			24			25	10			91
S5				25			25			25			25	10			110
S6				23			25			26			27				101
U1	7	5			4		19	22		18	8					22	105
U2	7	7			10		20	17		21	9					21	112
U3	7	6			9		19	18		20	9					19	107
U4	5	1			28		25	26		25	22				6		138
U5	8	4			26		24	26		26	24				6		144
U6	3	2			25		25	26		26	8				10		125

### 3. Resultados

#### 3.1. Supervivencia.

Los resultados de supervivencia se trataron teniendo en cuenta las dos plantaciones (2003 y 2004) por separado. Ambos años tuvieron características pluviométricas (plantación del 2003 no se completó por la sequía) por lo que no se espera que los resultados sean iguales para las dos plantaciones.

Hasta marzo de 2015, la supervivencia global de la plantación del 2003 presenta unos resultados en torno al 12,3%, inferiores a los de la plantación del 2004, que presentaba una supervivencia de 30,8%, aunque con un año menos de campo.

Comparando los periodos: 2003-2006, 2006-2009 y 2009-2015 encontramos la mayor mortalidad en el primer periodo tanto para la plantación del 2003 como para la del 2004. El menor porcentaje de mortalidad se ha registrado en el periodo más reciente (2009-2015) a pesar de ser de un tramo de tiempo más largo (Figura 1).



**Figura 1.** Mortalidad por plantación y periodos de tiempo.

En cuanto a las principales unidades (solana, terrazas y umbría), los resultados no difieren en exceso entre unidades aunque la plantación del 2003 presenta menor supervivencia en general. En solana se dieron las menores diferencias entre plantaciones con un 23% y 37% para 2003 y 2004, respectivamente. En la unidad de umbría los resultados difieren más siempre a favor de la plantación del 2004, con un 35%, mientras que la del 2003 tuvo un 8% de supervivencia. La unidad de las terrazas de repoblación ha presentado en todos los casos los peores resultados, con un 18,5% en la plantación de 2004 y un pobre 5,7% de supervivencia en la de 2003 (Figuras 2 y 3).

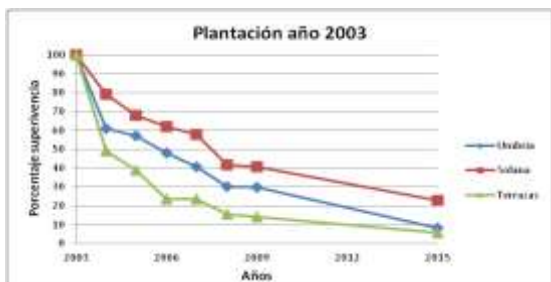


Figura 2. Supervivencia de las UA Terrazas, Solana y Umbría (plantación 2003).

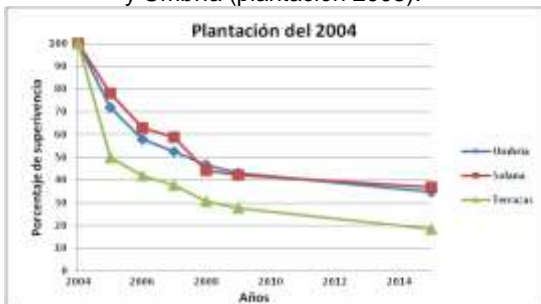


Figura 3. Supervivencia de las UA Terrazas, Solana y Umbría (plantación 2004).

En cuanto a la supervivencia según cada una de las especies, los resultados han sido muy variables, tanto por el factor unidad ambiental como por las distintas adaptaciones de éstas a las características del medio.

Uno de los mejores resultados globales los presentó el acebuche (*Olea europea ssp sylvestris*), con un 35% de supervivencia promedio hasta marzo de 2015 (Figura 4).



Figura 4. Supervivencia de las UA Terrazas, Solana y Umbría (plantación 2003).

En la plantación del 2003, tanto en umbría como en solana *O. europea* presentó valores superiores al 84% en el año 2006 (Fig 4). Estos resultados fueron del 74% en solana y 78% en umbría en el año 2009 (último muestreo realizado antes de la campaña de 2015). En el 2015 estos porcentajes bajaron hasta 33% en solana 22% en umbría para la plantación del 2003. Todos estos valores están por encima de los obtenidos para la unidad de terrazas. En esta especies,

la plantación del 2004 presentó la misma tendencia, y los resultados en el año 2006 fueron de 79%, 84% y 57% para solana, umbría y terrazas, respectivamente; mientras que fueron 56%, 45% y 39% para solana, umbría y terrazas respectivamente en marzo del 2015 (Fig. 4).

Otras especies como *Ephedra fragilis* o *Tetraclinis articulata* también presentaron unos valores de supervivencia relativamente altos en 2015, con valores de supervivencia en torno a 38% y 31.4%, respectivamente (Figura 5,6). El mayor porcentaje de supervivencia entre todas las especies para cualquier unidad lo tuvo *T. articulata* con un 68% en la umbría de la plantación 2004.

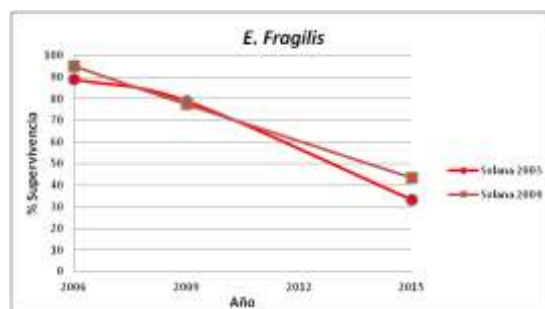
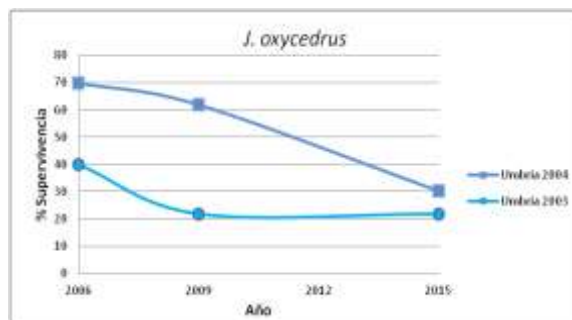


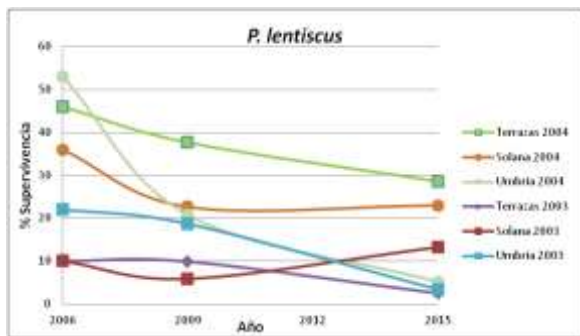
Figura 5. Porcentaje de supervivencia de *E. fragilis* por unidades de muestreo y año

*R. lycioides* tuvo un promedio global de supervivencia del 17%, teniendo un valor máximo del 33% en la solana de la plantación 2003 y un valor mínimo del 5% en la U. Terraza plantada en el 2003.

El promedio global de supervivencia más bajo fue para el algarrobo (*C. silicua*) con apenas un 3%, seguido por coscoja (*Q. coccifera*) y palmito (*Ch. humillis*) con 6% y 8%, respectivamente. El pino carrasco (*Pinus halepensis*) presentó también una baja supervivencia global en el 2015 con promedio de 14% (17,5% para la plantación del 2003 y 10% para la plantación del 2004). La supervivencia del lentisco (*P. lentiscus*) en la umbría fue muy baja con un 3% para la que fue plantada en 2003, y 5% para la del 2004, por el contrario, el enebro (*J. oxycedrus*) obtuvo 22% y 30% en las mismas unidades de muestreo (Figura 6 y 7).



**Figura 6.** Supervivencia de *J. oxycedrus* por unidad de muestreo y año

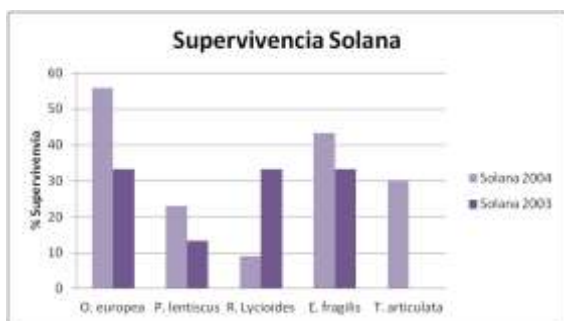


**Figura 7.** Supervivencia de *P. lentiscus* por unidad de muestreo y año

La supervivencia actual de las especies por unidad ambiental se pudo observar en la figuras 8, 9, y 10. En la umbría de 2003 la especie con mayor supervivencia fue *O. europea* con 22,4% mientras que en la plantación del 2004 fue *T. articulata* con 54.5%. En solana y terrazas como ya se mencionó la especie con mayor porcentaje de supervivencia fue la *O. europea*.



**Figura 8.** Supervivencia en el año 2015 en las unidades de Umbría.



**Figura 9.** Supervivencia en el año 2015 en las unidades de Solana



**Figura 10.** Supervivencia en el año 2015 en las unidades de Terrazas

### 3.2. Crecimiento

En las tres unidades ambientales (solana, umbría y terrazas) de las dos plantaciones (2003 y 2004), se observa un crecimiento algo superior en la plantación del 2003, aspecto que puede ser explicado porque los plantones llevan más tiempo en el campo (Fig. 11 y 12).

En cuanto a los resultados del crecimiento en altura y diámetro, se han dado diferencias importantes entre las distintas unidades ambientales, tanto por el factor especie como por el tipo de unidad.

De la misma manera se observa un crecimiento algo superior en las plantaciones de Solana tanto del 2003 como la del 2004.



**Figura 11.** Altura promedio histórica por unidades de muestreo.



**Figura 12.** Diámetro promedio histórico por unidades de muestreo



La especie con mayor altura y diámetro a pesar de no ser la más exitosa en supervivencia es *Pinus halepensis* esto debido a que las pocas plantas supervivientes y que fueron medidas mostraron ser exitosas en cuanto a crecimiento con más de un metro de altura y 40 mm de diámetro basal. Esto también puede ser debido al tipo de desarrollo de esta especie que lo hace principalmente en altura frente a especies arbustivas que los hacen cubriendo el suelo.

*R. lycioides*, *O. europea* y *E fragilis* también tuvieron un relativo éxito de crecimiento al alcanzar entre 70 y 80 cm de altura y entre 20 y 27,5 cm de diámetro basal mientras que *C. siliqua* y *Ch. humilis* no superaron los 40 cm de altura (Figuras 13 y 14).

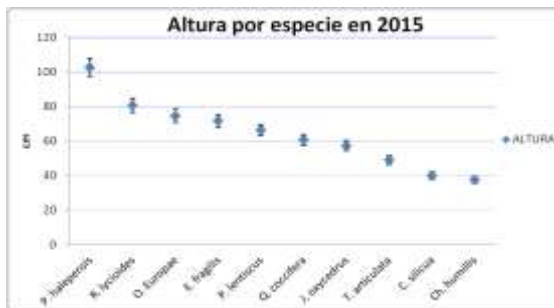


Figura 13. Altura promedio por especie

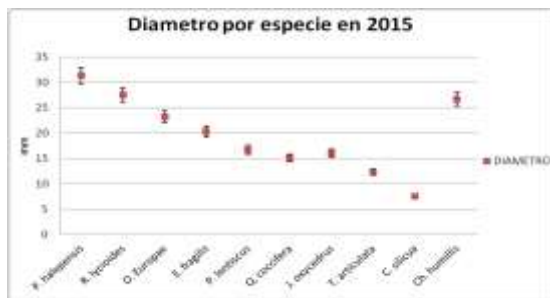


Figura 14. Diámetro promedio por especie

### 3.3. Características meteorológicas de los primeros años de plantación y su posible relación con los resultados.

Las variaciones interanuales de las características meteorológicas en medio semiárido son muy importantes. Esta variabilidad forma parte del clima de la zona y puede afectar tanto positiva como negativamente a los resultados de una restauración forestal. En este apartado se muestran los datos meteorológicos en formato de climograma, datos de precipitación y temperatura, de los tres años posteriores a la plantación principal del 2004, que abarcó toda la cuenca. La estación fuente de estos datos fue instalada coincidiendo con la plantación.

El primer año fue relativamente lluvioso, un 10% por encima de la media histórica. En total cayeron

318,5 mm, cuando la media está en 286 mm (según datos de la estación más cercana: Abanilla con una serie de 66 años, Figura 16). Los dos años siguientes fueron más secos, por debajo de la media en un 25,7 y un 33%, años 2005 y 2006, respectivamente. Entre el 2007 y 2010 se mantuvo dentro del promedio histórico (285,75mm) y finalmente en el periodo 2011-2014 fue muy seco con valores promedio de 202 mm, muy por debajo de la media histórica.

En cuanto a la temperatura (Fig. 15), los tres primeros años fueron más fríos que la media, aproximadamente un grado menos que la media, hecho que puede deberse a las características de la localización de la estación.

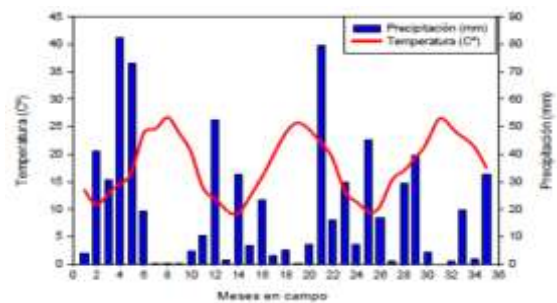


Figura 15. Características meteorológicas de los 3 años posteriores a la plantación (2005 a 2007)

En cuanto a la duración del periodo estival de los años posteriores a la plantación: el año 2003 fue el que tuvo el periodo seco (días con menos de 5 mm) más largo con 168 días, 150 para el año 2005 y 113 días en el 2006.

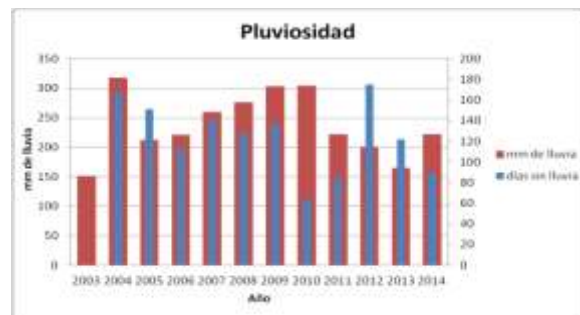


Figura 16. Precipitación anual (eje derecho unidades)

En la figura 16 se puede observar todos los datos de periodo estival donde destaca el del 2010 por ser el más corto con solo 64 días sin lluvia y el 2012 en que durante 175 días no hubieron lluvias de más de 5mm. Para el 2014 el sector tuvo 89 días de periodo estival y 222 mm de lluvia anual y tan solo 90 mm de lluvia durante el año hidrológico 2014 (entre septiembre de 2013 y agosto de 2014).

### 3.4. Discusión

La mortalidad en una plantación generalmente se produce durante el primer año, a causa del estrés post-trasplante que padecen las plantas y a la dureza que supone el primer periodo estival en campo. Otras plantaciones realizadas por el CEAM corroboraban este hecho (Villagrosa et al. 1997; Vallejo & Alloza, 1998). Este comportamiento se ha visto reflejado también en la cuenca de Albaterra ya que la mayor mortalidad se produjo durante los primeros 3 años, haciéndose progresivamente más estable la supervivencia. Sin embargo, no se observa claramente una estabilidad hasta el periodo entre el 2009 y 2015 donde la mortalidad es menor a pesar de que estamos hablando de 6 años (figuras 4 y 5). Es importante señalar que el año hidrológico 2014 fue un año extraordinariamente seco lo que seguramente ha contribuido a incrementar la mortalidad en los plantones. Durante el año hidrológico 2014 la precipitación registrada fue de unos 90 mm frente a los 320 mm de media en años pluviométricamente normales (García de la Serrana et al., 2015).

Es importante considerar también el posible efecto negativo de la baja cantidad de lluvia durante el periodo 2011-2014 donde se observa una menor precipitación y se ha observado un incremento de la mortalidad con relación al periodo 2007-2009 en donde parecía que se estaba estabilizando.

Las mejoras tecnológicas aplicadas en proyectos de reforestación contribuyen a la mejora de las condiciones abióticas de los plantones (Cortina et al. 2012; Vallejo et al. 2012). Observamos mayores supervivencias y crecimientos en la unidad de solana donde se aplicó una mayor inversión tecnológica que en la unidad de umbría o terrazas, más favorables a priori. Esta mayor inversión tecnológica probablemente puede explicar las diferencias de los resultados dentro de la misma cuenca, entre unidades ambientales.

Las especies con mayor éxito de supervivencia fueron *E. fragilis* y *O. europea* las cuales están presentes en la unidad de muestreo de mayor éxito que fue la unidad de solana, posiblemente debido a que se emplearon más insumos y que en la umbría existe una mayor competencia por los recursos al haber más vegetación mientras que la unidad de terrazas se encuentra muy degradada. En ambos casos el mayor porcentaje de supervivencia se dio en la plantación del año 2004 el cual también fue el año con mayor supervivencia global.

La especie con mayor supervivencia no es la de mayor crecimiento, esto puede estar relacionado con la estrategia individual de las especies: en el caso de *P. halepensis* que fue la especie con mayor crecimiento, y además presenta una estrategia

germinadora y tiende a invertir mucho en crecimiento para desarrollar piñas y semillas que le permitan perpetuarse, mientras que especies rebrotadoras *Olea europea* y *Ephedra fragilis* invierten más en sistemas radiculares así tener mayor acceso a los recursos hídricos y acumular sustancias de reserva que les permitan rebrotar.

La unidad de las terrazas de repoblación ha presentado en todos los casos los peores resultados. Esto es muy posible que se deba a la ya mencionada degradación (elevada compactación) y un estado de difícil recuperación, además que el mal estado de las terrazas de repoblación se debe a que estas se hicieron incorrectamente y actualmente suponen un desequilibrio en el balance hídrico ya que el agua de los eventos importantes, básica para el desarrollo de la vegetación, escurre por los regueros de las antiguas terrazas sin ser aprovechada.

### 4. Conclusiones

- La supervivencia de los plantones ha diferido significativamente entre unidades ambientales y entre especies. La unidad con mayor inversión tecnológica (unidad de solana) ha obtenido la menor mortalidad aun cuando se trataba de una unidad con fuertes limitaciones abióticas para los plantones.

- El crecimiento de los plantones ha presentado variaciones dependiendo de la especie, de la unidad ambiental y un cierto efecto del año de plantación. Comparado con experiencias preliminares realizadas por el grupo CEAM se puede considerar que el crecimiento global de la forestación ha sido positivo.

- El periodo estival es la primera y más fuerte causa de mortalidad en los plantones, aunque más duración de este no implica siempre más mortalidad en comparación con otras plantaciones. En este caso, incidió el factor aporte de tecnología como factor decisivo en el resultado de la plantación.

- La mortalidad en ambientes semiáridos, con fuertes limitaciones hídricas, puede verse afectada por sequías intensas al cabo de varios años (incluso más de 10) cuando parece que se alcanzaba una cierta estabilización de la mortalidad.

### 5. Referencias

[1]. Villagrosa, A.; Chirino, E.; Bautista, S.; Urghete, A.A.; Alloza, J.A. y Vallejo, V.R.; (2008). Proyecto de demostración de lucha contra la desertificación: Regeneración y plan de manejo de Zonas semiáridas degradadas en el T.M. de Albaterra (Alicante). En Cuad. Soc. Esp. Cienc. For 28: 317-322.

- [2]. Chirino E., Vilagrosa A., Cortina J., Valdecantos A., Fuentes D., Trubat R., Luis VC., Puertolas J, Bautista S, Baeza J, Pen˜uelas JL, Vallejo VR (2009) Ecological restoration in degraded drylands: the need to improve the seedling quality and site conditions in the field. In: Grossberg SP (ed) Forest management. Nova Publisher, New York, pp 85–158.
- [3]. Kribeche H., Bautista S., Chirino E., Vilagrosa A., Vallejo, V.R. Effects of landscape spatial heterogeneity on dryland restoration success. The combined role of site conditions and reforestation techniques in southeaster Spain. 2012.
- [4]. Reynolds J. F., Stafford-Smith D. M., Lambin E. F., Turner B. L., Mortimore M., Batterbury P. J., Downing T. E., Dowlatabadi H., Fernandez R. J., Herrick J. E., Huber-Sannwald E., Jiang H., Leemans R., Lynam T., Maestre F. T., Ayarza, M. and Walker B. (2007) Global Desertification: Building a Science for Dryland Development. *Science*, 316, 847-851.
- [5]. THORNES J.B., BRANDT J., (1994). Erosion-vegetation competition in a stochastic environment undergoing climatic change. In: *Environmental Change in Drylands: Biogeographical and Geomorphological Perspectives*. (Millington A.C., Pye K. Eds.).Cap. 16. J. Wiley & Sons. London, pp. 205-220.
- [6]. Vallejo, R., Aronson, J., Pausas, J. G., and Cortina, J. (2006) Restoration of Mediterranean woodlands. En: *Restoration Ecology. The new frontier*. (van Andel, J. and Aronson, J., eds.): 193-207.: Blackwell Science.
- [7]. Cortina, J. & Vallejo, V. R.; (1999). Restoration of Mediterranean Ecosystems. In: A. Farina (ed.), *Perspectives in Ecology. A glance from the VII International Congress of Ecology*: 479-490. Backhuys Publishers. Leiden.
- [8]. Vilagrosa, A.; Llorca, M.; Puertolas, J.; Luis, V.; Chirino, E.; Llovet, J.; Bautista, S.; Alloza, J.A.; y Vallejo, V.R.; (2013). Cambios en la funcionalidad y diversidad en ecosistemas degradados y su relación con las actividades de reforestación. En: Martínez-Ruiz, C.; Lario Leza, F.J. y Fernández Santos, B. eds. 2013. *Técnicas de implantación*. SECF-AEET, Madrid, España. Pp: 143-148. I.S.B.N.: 978-84-937964-6-4.
- [9]. RIVAS-MARTÍNEZ S. 1987. Memoria y Mapa de Series de Vegetación de España. ICONA. Madrid.
- [10]. Vilagrosa, A., Cortina, J., Gil-Peigrín, E. and Bellot J. (2003). Suitability of drought-preconditioning techniques in Mediterranean climate. *Restoration Ecology*, 11, 208-216.
- [11]. Saquete et al. Effects of site preparation with micro-basins on *Pinus halepensis* Mill. afforestations in a semiarid ombroclimate. *Ann. For. Sci.* 63 (2006) 15–22.
- [12]. Vilagrosa, A., J. P. Seva, A. Valdecantos, J. Cortina, J.A. Alloza, I. Serrasolsas, V. Diego, M. Abril, A. Ferran, J. Bellot, and V. R. Vallejo. (1997). Plantaciones para la restauración forestal en la Comunidad Valenciana. Pages 435-548 in V.R. Vallejo, editor. *La restauración de la cubierta vegetal en la Comunidad Valenciana*. ISBN 84-921259-0-X. Valencia.
- [13]. Vallejo, V.R. & Alloza, J.A. 1998. The Restoration of Burned Lands: The Case of Eastern Spain. In: Moreno, J.M. (Ed.). *Large Forest Fires*. Backbuys Pub. The Netherlands. Pp: 91-108.
- [14]. 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/s00468-0151261-9.
- [15]. Cortina J., Ruiz-Mirazo J., Amat B., Amghar F., Bautista S., Chirino E., Derak M., Fuentes D., Maestre F., Valdecantos A., Vilagrosa A. 2012. Bases para la recuperación de espartales UICN, Gland, Suiza y Málaga, España.
- [16]. Vallejo, R., Smanis, A., Chirino E, Fuentes D., Valdecantos A., Vilagrosa A, (2012) Perspectives in dryland restoration: approaches for climate change adaptation. *New Forests International Journal on the Biology, Biotechnology, and Management of Afforestation and Reforestation* 43. 561-579.