

# MEDITERRANEA

## SERIE DE ESTUDIOS BIOLÓGICOS

2005 Época II N° 18



COMITÉ EDITORIAL:

Ch. P. BLANC

G.U. CARAVELLO

S.G. CONARD



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

Departamento de Ecología. Facultad de Ciencias

COMITÉ CIENTÍFICO:

Ch. P. BLANC. Lab. Zoogéographie. Université Montpellier III. Francia.  
S.G. CONARD. USDA Forest Service. Riverside. U.S.A.  
A. FARINA. Lab. Ecologia del Paisaje. Museo Historia Natural. Aulla. Italia.  
A. FERCHICHI. I.R.A. Medenine. Túnez.  
G.U.CARAVELLO. Istituto di Igiene. Università di Padova. Italia.

COMITÉ EDITORIAL:

V. Peiró, J. Martín, G. López, E. Seva.

DIRECCIÓN:

Eduardo Seva. Dep. Ecología. Fac. de Ciencias. Universidad de Alicante.

SECRETARÍA:

Germán López. Dep. Ecología. Universidad de Alicante.

EDITA:

Servicio de Publicaciones. Universidad de Alicante.  
<http://publicaciones.ua.es>

CORRESPONDENCIA:

Departamento de Ecología. Fac. de Ciencias. Universidad de Alicante.  
Ap. 99 - 03080 Alicante. España.  
Teléfono de Secretaría: 96/5909520  
Fax: Rev. Mediterránea. Dep. Ecología. 96/5903464

I.S.S.N.: 0210-5004

Depósito Legal: A-1059-1984

Edición electrónica:



## Notas para los autores

**Los trabajos versarán sobre aspectos de ecología, recursos naturales, paisaje, gestión ambiental, en los ecosistemas de la cuenca mediterránea.**

Los manuscritos mecanografiados a doble espacio y por una sola cara se enviarán a la dirección del **Departamento de Ecología de la Universidad de Alicante, Ap. 99 (03080 Alicante, España) —Revista Mediterránea—**. Los autores deberán enviar original y dos copias, así como en disquette compatible en programas de tratamiento de texto MS-WORD.

LENGUA: Redactados en español, inglés, francés o italiano.

NOMBRE DE AUTORES: Apellidos y nombres sin abreviaciones.

DIRECCIÓN: Dirección profesional (Organización, Centro de Investigación, Universidad,...) teléfono, telefax, dirección electrónica.

TÍTULO: conciso y completo, sin abreviaciones (max. 60 espacios).

RESÚMEN: Después del título, un resumen en inglés y otro en francés, de 1500 espacios como máximo, independientemente de la lengua utilizada en el texto del trabajo

PARÁGRAFOS: El manuscrito debe respetar el siguiente orden: (contenido) introducción sin título, párrafos con títulos cortos (max. 50 espacios), conclusiones, agradecimientos (si procede), referencias bibliográficas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS: Obligatorias para las publicaciones citadas en el texto, que irán en mayúscula. Las referencias de información no publicada (informes, comunicación personal...) se incluyen en el texto entre paréntesis. La bibliografía se presentará según los modelos siguientes:

GOSZ, J.R. and SHARPE, J.H. 1989. Broad-scale concepts for interactions of climate, topography, and biota and biome transitions. *Landscape Ecology* 3:229-243.

PIANKA, E. 1986. *Ecology and natural history of desert lizards*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.

GOLDSMITH, V. 1979. Coastal dunes. In: R.A. Davis (ed.), *Coastal sedimentary environments*. New York:Springer-Verlag.

**CORRECCIÓN DE PRUEBAS:** Será realizada por la redacción de la revista, aunque los autores deben enviar un texto muy claro y definitivo. Si se hallan deficiencias notorias en el texto, el trabajo será remitido a los autores de inmediato.

**TABLAS:** Cada tabla en página por separado, numeradas siguiendo el orden de aparición en el texto y llevarán leyenda. El método de escritura admitido puede ser WORD o EXCEL.

**GRÁFICAS y DIBUJOS:** Presentados en papel blanco no reciclado, exclusivamente en blanco y negro. Las láminas en color deberán ser costeadas por los autores. Gráficas y dibujos deben ser presentados de forma que, modificando su dimensión, no se vea modificada su comprensión. Deberán acompañar las leyendas al gráfico, suficientemente grandes e incluidas en la caja del mismo. Es obligatorio acompañar archivo en disco compatible y formato TIF o JPEG.

**ILUSTRACIONES:** Las fotografías, separadas del texto, con leyenda y número de orden, posición en el texto, etc.

**NOTAS:** Excepcionalmente se incluirán notas a pie, pero éstas deben ir en hojas separadas y debidamente numeradas.

**EXTENSIÓN:** El texto comprenderá una extensión de 5 (min.) a 25 (max.) páginas mecanografiadas. El número de gráficos, dibujos y fotografías debe ser proporcional al tamaño del texto.

La dirección de la revista se reserva el derecho de revisar los trabajos presentados con el fin de adaptarlos a la publicación.

<http://publicaciones.ua.es>

## Notes for the authors

### SUBJECTS

Ecology

Natural Resources

Landscape

Environmental Management

Manuscripts typed on duplicate on one side of the sheet only, should be sent to the magazine direction: **Mediterranea. S.E.B.Dep. Ecologia. Universidad de Alicante. Ap. 99 (03080 Alicante) Spain.** All authors are kindly requested to send their papers in writing, but namely on MS DOS/IBM compatible disks, using MS-WORD program. Every paper should conform to the following rules:

LANGUAGE: Spanish, English, French or Italian.

NAME OF THE AUTHORS: Preceded by the full first name without abbreviations.

ADDRESS: Institutional address of author(s) (Institutions, Research Centre, University), telephone, fax, electronic adress..

TITLE: Concise but detailed enough, without abbreviations (max. 60 strokes).

ABSTRACTS: In English and French, whatever it might be the language of the paper. The lenght should not exceed 1500 strokes.

PARAGRAPHS: Should be arranged as follows: (contents) introduction without title, paragraphs with short titles (max. 50 strokes), conclusions, acknowledgments (if required), references.

REFERENCES: Should include only publications mentioned in the text. References to unpublished informations (reports, personal communications, etc.) should be included between parentheses in the text. The bibliography should be presented in conformity with the following patterns: GOSZ, J.R. and SHARPE, J.H. 1989. Broad-scale concepts for interac-

tions of climate, topography, and biota and biome transitions. *Landscape Ecology* 3:229-243.

PIANKA, E. 1986. *Ecology and natural history of desert lizards*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.

GOLDSMITH, V. 1979. Coastal dunes. In: R.A. Davis (ed.), *Coastal sedimentary environments*. New York:Springer-Verlag.

CORRECTIONS TO THE PROOF: Will be done by the editorial staff. Authors are kindly requested to submit a clear and final paper.

TABLES: Each table should be on a separate sheet, numbered consecutively, with a legend. The writing method admitted is WORD, EXCEL..

GRAPHICS AND DRAWINGS: Separated from the text, should be lettered on white or glossy paper, in black and white in compatible disks TIF or JPEG format. They should be clearly "constructed", with sufficiently big letters within the block of the graph.

ILLUSTRATIONS: Photographs should be numbered and lettered.

NOTES: They should be numbered and referred to in the text. They should be compiled on separate sheets.

LENGHT: Preferably between 5 (min.) and 25 (max.) typed pages. The number of illustrations, tables and graphs should be proportional to the lenght of the text.

The articles are reviewed by the editorial staff to be conformed for their publication.

<http://publicaciones.ua.es>

# Índice

---

## Portada

## Créditos

<b>Efecto de la procedencia de las bellotas y el morfotipo sobre el éxito de germinación de <i>Quercus coccifera</i> L. . . . .</b>	<b>8</b>
<b>ESTRELLA PASTOR LLORCA Y ANDREU BONET JORNET</b>	
Resumen . . . . .	8
Abstract . . . . .	9
Introducción. . . . .	10
Metodología. . . . .	15
Resultados y discusión . . . . .	22
Conclusiones. . . . .	39
Agradecimientos . . . . .	41
Bibliografía. . . . .	41

## **Efecto de la procedencia de las bellotas y el morfotipo sobre el éxito de germinación de *Quercus coccifera* L.**

ESTRELLA PASTOR LLORCA

ANDREU BONET JORNET

### **Resumen**

En el presente trabajo se ha estudiado el efecto de la procedencia y del morfotipo contrastado de plantas madre en el éxito de germinación de bellotas de *Quercus coccifera* L. Las procedencias que se han seleccionado difieren en las condiciones ambientales y origen geográfico en la provincia de Alicante; una se asienta en territorios de clima semiárido con una precipitación media de 271 mm y la otra presenta un clima subhúmedo con una precipitación media de 833 mm. Se comprueba la hipótesis de que las plantas pueden llegar a mostrar comportamientos morfológicos y fisiológicos diferentes como respuesta adaptativa frente a condiciones ambientales contrastadas, afectando a los procesos de germinación. En cuanto a los morfotipos, se han seleccionado individuos que presentan diferencias en el



## **Efecto de la procedencia de las bellotas y el morfotipo sobre el éxito de germinación de *Quercus coccifera* L.**

---

tamaño foliar de poblaciones de clima semiárido, como característica morfológica indicadora que refleje una respuesta adaptativa frente a las condiciones ambientales locales. Los resultados muestran que existen diferencias entre las poblaciones a nivel de morfotipo, y en cuanto a la procedencia dependiendo de los morfotipos comparados. Tales resultados serán de ayuda para la selección de poblaciones o individuos que presenten bellotas de mayor éxito de germinación en tareas previas a la restauración de zonas degradadas.

### **Abstract**

The aim of this paper is to determine the effect of the morphotype constraints and the provenance of *Quercus coccifera* L. acorns on the germination success. The selected two areas of provenance in the Alicante province (Spain) that have been analysed in this study differ in their environmental conditions and geographical origin: a semiarid area with an average precipitation of 271 mm. and a subhumid area with an average precipitation of 833 mm. The morphotypes analysed in this research have been selected according to the size of the leaves of individuals of populations growing in a semiarid area, for this morphological trait may well be an adaptive response to a particular environment. Our hypothesis is that the adaptive response of plants to different environments can result in significantly different morphological and physiological behaviours, which will in turn have an effect on the germination process. The results suggest that the germination success of acorns produced by different morphotypes vary from one population to another, whereas the effect of the provenance factor depends on the morphotype. Altogether, the evidence of this study can help identify the

populations or individuals whose seeds are more likely to germinate successfully, this being an essential preliminary step to the restoration of degraded areas.

## Introducción

**E**n las áreas de clima mediterráneo que se caracterizan por una sequía estival y por la imprevisibilidad del volumen y distribución espacio-temporal de las precipitaciones, el agua llega a ser un recurso limitante para la mayoría de los organismos. De hecho, el factor que es considerado como principal en el funcionamiento de los ecosistemas de estas zonas es la disponibilidad hídrica (JOFFRE *et al.*, 1999).

Otro factor a tener en cuenta, desde el punto de vista de la vegetación, es la intensidad lumínica, ya que la luz mediterránea puede actuar con frecuencia como factor de estrés afectando a la eficiencia fotoquímica de la fotosíntesis (VALLADARES, 2001).

Estas condiciones ambientales sumado a otras como la baja disponibilidad de nutrientes, consecuencia de las condiciones de sequía (DI CASTRI *et al.*, 1981), han dado lugar a situaciones desfavorables que han tenido que soportar las plantas mediterráneas a lo largo del tiempo, induciendo la aparición de adaptaciones específicas (TUDELA y TADEO,

## **Efecto de la procedencia de las bellotas y el morfotipo sobre el éxito de germinación de *Quercus coccifera* L.**

---

1993) mediante procesos de selección natural. Estos comportamientos de respuesta adquiridos las diferencia de las plantas de otros ecosistemas donde el agua no es un factor limitante y el exceso de radiación no es tan patente, entre otras características (MITRAKOS, 1980).

Una de las estrategias adaptativas más características que han sido seleccionadas en este tipo de vegetación son los mecanismos para retardar los efectos producidos por la variabilidad de la disponibilidad hídrica, que se basan en diversos y complementarios procesos morfológicos y fisiológicos, tales como cambios en el área de las hojas frente a oscilaciones de baja frecuencia, respuestas en el sistema de raíces frente a oscilaciones de media frecuencia y respuestas a nivel de los estomas frente a oscilaciones de alta frecuencia, los cuales están relacionados entre sí resultando una estrategia integrada de la planta para intentar lograr el equilibrio más apropiado de cada conjunto de condiciones (JOFFRE *et al.*, 1999).

Otra de las características interesantes de estas plantas son las estrategias desarrolladas para evitar los efectos provocados por un exceso de radiación, como la foto-oxidación y deterioros en el aparato fotosintético. Son estrategias caracterizadas por una eficaz fotoprotección estructural y no por

tener mecanismos fisiológicamente más capaces de evitarlos, dando lugar a cambios morfológicos tanto en las hojas como en el dosel (VALLADARES y PEARCY, 1998; VALLADARES, 2001).

Tanto el nivel de adaptación de las plantas a situaciones de estrés como la capacidad de acomodar el fenotipo para optimizar la explotación de los recursos (plasticidad fenotípica) varía entre las especies (GRATANI, 1995; CASTRO *et al.*, 1997; VALLADARES y PEARCY, 2000), y entre las poblaciones de una misma especie que difieren en su ambiente de desarrollo (GRATANI *et al.*, 1989; BALAGUER *et al.*, 2001).

En muchos tipos de especies leñosas de la flora Ibérico-Mediterránea, se puede observar esta plasticidad fenotípica, ya que la amplia distribución geográfica de estas hace que sus individuos tengan que sobrevivir bajo ambientes contrastados. Ello da lugar a cambios en muchas de las características de las plantas (VALLADARES, 2001), desde el nivel subcelular hasta en todo el organismo, llegando a originarse diferentes morfotipos a partir de un mismo genotipo sometido a diversas condiciones ambientales (SULTAN, 2000).

Estudios realizados con *Quercus coccifera*, una de las especies más características de las plantas esclerófilas perennes que crece en ambientes contrastados en el clima Mediterráneo.

## **Efecto de la procedencia de las bellotas y el morfotipo sobre el éxito de germinación de *Quercus coccifera* L.**

---

neo, especialmente relevante en las comunidades más maduras de los ambientes semiáridos, muestran las diferentes estrategias y plasticidad fenotípica que presentan bajo diferentes gradientes ambientales (CAÑELLAS, 1990), tales como la heterogeneidad lumínica y la disponibilidad hídrica. Así pues, RAMBAL y LETERME (1987) encontraron que en lugares de condiciones más húmedas los individuos presentaban mayor productividad que en las zonas más xéricas, incrementando el peso del dosel de los arbustos. Además, venía acompañado por cambios en el índice del área foliar, el cual descendía con el decremento de la precipitación y sugerían que estos estaban asociados con cambios en la profundidad de las raíces y la distribución del carbono. Sin embargo, CASTRO *et al.* (1997) observaron que las variables morfológicas de la hoja no presentaban ninguna tendencia significativa bajo dicho gradiente, pero sí en el contenido de diferentes elementos como nitrógeno, lignina y celulosa presentes en la hoja, que crecían con la precipitación. Por otra parte, BALAGUER *et al.* (2001) indican variaciones en la plasticidad fenotípica de esta especie en relación a la intensidad lumínica entre poblaciones con diferente nivel de homogeneidad ambiental.

El estudio de estas especies leñosas adaptadas a las condiciones de sequía y por tanto al estrés hídrico, proporciona

una información esencial para los trabajos de restauración en ambientes de carácter semiárido (KAYE, 2001; SACKVILLE, 2001; WILKINSON, 2001 y CORTINA y VALLEJO, 2004), ya que las condiciones ambientales limitan la regeneración natural (ABAD *et al.*, 1996). De hecho, el factor que es considerado como principal limitante en el funcionamiento de los ecosistemas de estas zonas es la disponibilidad hídrica (JOFFRE *et al.*, 1999). Como el rango de tolerancias fisiológicas de cada planta individual está definida por su material genético, partimos de la hipótesis que las poblaciones naturales de especies nativas de ambientes semiáridos están seleccionadas por las condiciones ambientales locales de limitación y fluctuación de los recursos hídricos, y por tanto, los resultados de germinación, supervivencia y crecimiento en actuaciones de restauración en ambiente semiárido, pueden optimizarse al utilizar material reproductor procedente de dichas poblaciones. Sin embargo, tanto el nivel de adaptación de las plantas a situaciones de estrés como la capacidad de acomodar el fenotipo para optimizar la explotación de los recursos (plasticidad fenotípica) varía entre las especies (CASTRO *et al.*, 1997; VALLADARES y PEARCY, 2000), y entre las poblaciones de una misma especie que difieren en su ambiente de desarrollo (VALLADARES, 1999; BALAGUER *et al.*, 2001).

## **Efecto de la procedencia de las bellotas y el morfotipo sobre el éxito de germinación de *Quercus coccifera* L.**

---

A partir de estas premisas nos proponemos en este trabajo determinar en qué medida la germinación de bellotas de *Quercus coccifera* se ve afectada por los orígenes geográficos que presentan condiciones ambientales contrastadas, y en qué medida el éxito de germinación es consecuencia del morfotipo de los individuos madre

### **Metodología**

#### ***Selección de los orígenes geográficos contrastados***

Las zonas que se han elegido para este estudio han sido dos áreas contrastadas en cuanto a la precipitación media anual registrada situadas en la provincia de Alicante (Comunidad Valenciana). La razón de esta selección se basa en la diferente respuesta que pueden tener las poblaciones de la vegetación de las zonas más áridas y las zonas subhúmedas, frente al estrés hídrico.

Por un lado, se ha seleccionado la Sierra de Crevillente, un área de ombroclima semiárido con una precipitación media anual inferior a 300 mm. Por otro lado, se seleccionó los alrededores de Tárben, la S<sup>a</sup> del Carrascal de Parcent y S<sup>a</sup> del Ferrer, zona donde se registran las máximas precipitaciones en la Comunidad Valenciana. Estas poblaciones se encuentran situadas en los extremos del mayor gradiente geográfico

de precipitación del área mediterránea de la península Ibérica (DE LUIS *et al.*, 2000).

	CREVILLENTE	TARBENA
Precipitación media anual	271 mm	833 mm
<b>Nombre</b>	LOS MOLINOS DE CREVILLENTE	TARBENA C. H. JUCAR
<b>UTM</b>	X: 6894 Y: 42364	X: 7517 Y: 42875
<b>Altitud</b>	200	560
<b>Provincia</b>	ALICANTE	ALICANTE

Tabla 1. Precipitación media anual en mm de las zonas seleccionadas desde 1950 a 1999 y las características de las estaciones meteorológicas.

### ***Selección y análisis de la variabilidad del morfotipo de las plantas madre***

La variable utilizada para la categorización de los morfotipos, fue el área media de las hojas que presentaba los individuos parentales. Estas diferencias significativas entre poblaciones en relación a la variable del tamaño medio de sus hojas, no sólo observadas en esta especie sino en muchas especies leñosas de la flora Ibérico-Mediterránea, es bien conocida y divulgada por diversos autores (VICIOSO, 1950; LIACOS y MOULOPOULOS, 1967; RAMBAL y LETERME, 1987; GRATANI *et al.*, 1989; GRATANI, 1995; VALLADARES y



## Efecto de la procedencia de las bellotas y el morfotipo sobre el éxito de germinación de *Quercus coccifera* L.

---

PEARCY, 1998; VALLADARES y PEARCY, 1999; JOFFRE *et al.*, 2001; ACKERLY *et al.*, 2000; BALAGUER *et al.*, 2001).

*Quercus coccifera* es una especie que presenta gran variedad de polimorfismos basadas no sólo en la forma y dimensiones de sus hojas sino también en su porte, talla, dimensiones de la cúpula, forma y tamaño del fruto, entre otras. De hecho, en España se han diferenciado varias estirpes por su crecimiento, forma y tamaño de hoja y fruto (CAÑELLAS, 1990; También, LIACOS y MOULOPOULOS (1967) han señalado 5 tipos morfológicamente distintos en Grecia.

Según RAMBAL (1993), *Quercus coccifera* posee la habilidad de amortiguar los efectos de la variación de la disponibilidad hídrica mediante varios mecanismos, considerando que las interacciones que se producen entre ellos son complejas de definir. Uno de esos mecanismos es la reducción del índice del área foliar, pudiendo ser debida al decaimiento del volumen de la precipitación y disponibilidad hídrica que se produce desde los hábitats más húmedos a los más secos.

Para el análisis de la variabilidad de los morfotipos se seleccionaron, en cada procedencia, tres ambientes contrastados en relación al grado de estrés hídrico y a la intensidad lumínica presentes, debido a que estos se consideran los principales causantes de la variación de la morfología de la hoja

(RAMBAL y LETERME, 1987; CASTRO *et al.*, 1997). Los ambientes seleccionados fueron: ambiente de solana, más expuesta a la radiación y baja disponibilidad hídrica, ambiente de umbría, con elevada disponibilidad hídrica y ambiente de rambla con estrato arbóreo, con mayor disponibilidad hídrica y menor incidencia de la radiación. Se realizó la comparación de distribución de frecuencias de la variable foliar entre procedencias y ambientes, mediante la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras. También, se analizó el peso de los factores de los cuales dependía la variabilidad del tamaño de las hojas, mediante un ANOVA anidado empleando cuatro factores: Procedencia (Pr), ambiente (Am), parcela (Si) e individuo (I).

A excepción de este tipo de análisis, que se utilizó GMAV (UNDERWOOD y CHAPMAN, 1997), para los análisis estadístico realizados en los demás apartados, se utilizó el programa SPSS 11.0 (SPSS Inc. Chicago, USA),

El cálculo del tamaño medio de las hojas se realizó a 24 individuos por ambiente, distribuidos equitativamente en tres parcelas, a partir de 20 hojas de dos ramas de la misma edad, en la parte exterior de la planta, a la misma orientación (Este) y a una altura media del individuo, con el fin de reducir la variabilidad dentro del mismo (BLUE y JENSEN, 1988). El área

## **Efecto de la procedencia de las bellotas y el morfotipo sobre el éxito de germinación de *Quercus coccifera* L.**

---

foliar fue calculada a través del programa PHOTOSHOP 6.0 (Adobe Systems, Inc., San José. California, USA), sobre imagen digital.

### ***Selección y caracterización de los individuos madre***

Una vez estudiados los resultados de la variabilidad del morfotipo seleccionado, se escogieron al azar 16 individuos de cada procedencia, ocho por cada morfotipo (denominados hoja grande y hoja pequeña). Esto fue posible sólo para la población de clima semiárido (S<sup>a</sup> de Crevillente), ya que en la población de clima subhúmedo (Tárben) no había suficiente número de individuos con morfotipos contrastados.

Posteriormente, se calculó el tamaño medio de las hojas de cada individuo siguiendo la misma metodología que el apartado anterior. Y, se realizó una clasificación de conglomerados jerárquicos para evaluar la homogeneidad de los grupos de individuos establecidos en relación al tamaño de hoja, mediante el método de vinculación inter-grupo y un tipo de medida de disimilaridad; distancia euclídea al cuadrado.

### ***Análisis de porcentajes de germinación***

Se necesitaron 100 bellotas con sus tres réplicas correspondientes, es decir un total de 400 para cada unidad de experimentación. Cada bloque o unidad de experimentación lo

constituyen las bellotas de origen semiárido de hoja pequeña (CREHP), semiárido de hoja grande (CREHG) y origen sub-húmedo (TAR).

Estas se recogieron en el mes de Noviembre del 2002 cuando el fruto estaba maduro y a punto de caer al suelo. Después de tratarlas con un fungicida, permanecieron almacenadas en oscuridad a 4° C para que no perdieran la viabilidad. Posteriormente, se sumergieron en agua durante 48 horas para hidratarlas y extraer las bellotas parasitadas o vanas, permitiendo homogenizar la fase de germinación de las plantas (GARCÍA, 2001)

Se sembraron 12 bandejas con 100 bellotas cada una (cuatro por unidad de experimentación) a finales de Enero del 2003 con un sustrato de turba sin fertilizar y fibra de coco (1:1;v:v) en el vivero de Santa Faz (Servicios forestales, Consejería de Territorio y Vivienda, Alicante) .

El seguimiento de germinación se efectuó diariamente. Las semillas se consideraban germinadas en el momento en el que la radícula emergía aproximadamente 2 mm. A medida que iban germinando se iban pasando a bandejas de 45 alvéolos de 300 cm<sup>3</sup> de volumen cada uno, con un sustrato de turba sin fertilizar y fibra de coco (1:1;v:v) y una cantidad de fertilizante (Plantacote) de 1,5 g/litro. El periodo de ger-

## **Efecto de la procedencia de las bellotas y el morfotipo sobre el éxito de germinación de *Quercus coccifera* L.**

---

minación fue desde el 31 de Enero hasta el 13 de Mayo del 2003.

Para analizar la respuesta germinativa de estas poblaciones se calculó los porcentajes de germinación totales y las germinaciones diarias de cada población. Los porcentajes de germinación totales se compararon mediante un ANOVA de un factor y, en cuanto a los porcentajes de germinación diarias se evaluaron mediante el análisis de las curvas de germinación utilizando el método de Kaplan Meier (FOX, 1993) y posterior comparación de curvas mediante el estadístico Log-rank.

### ***Análisis del tamaño medio de bellota de cada población***

El objetivo de este análisis es el de averiguar si existe diferencias entre poblaciones en relación al tamaño de las bellotas y evaluar las posibles conexiones con los resultados del proceso de germinación.

El cálculo del tamaño de las bellotas se llevó a cabo midiendo, con un pie de rey, la anchura (Diámetro menor; Dm) y la longitud (Diámetro mayor; DM) de todas ellas.

A partir de las medias de la variable de tamaño calculadas de cuatro submuestras por población se realizó un análisis a

*priori* de la comparación de la variable a estudiar mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (ZAR, 1996). Para el análisis *post hoc*, la prueba que se utilizó fue la de Mann-Whitney. Por otro lado, también, se calcularon las distribuciones de frecuencias absolutas para cada población y se compararon los valores medios de asimetrías que presentaban, obteniendo información sobre la tendencia de los valores del tamaño más significativos de cada población y las diferencias existentes entre ellos.

Para comprobar si el porcentaje de germinación estaba relacionado con el tamaño de la bellota, se seleccionaron 180 bellotas de dos clases de longitud marcadamente diferenciadas; 90 con longitudes de 18 a 22 mm y las otras 90 con longitudes de 32 a 37 mm, y se compararon la cantidad de bellotas germinadas de cada clase mediante la prueba no paramétrica de Mann-Whitney.

## **Resultados y discusión**

### ***Selección y análisis de la variabilidad del morfotipo de las plantas madre***

Los resultados de la comparación de distribución de frecuencias de la variable foliar entre procedencias y ambientes muestran diferencias significativas solamente entre proce-

## **Efecto de la procedencia de las bellotas y el morfotipo sobre el éxito de germinación de *Quercus coccifera* L.**

---

dencias a un nivel de 0.05 (Z de Kolmogorov-Smirnov: 2.417 y p: 0.000).

La distribución de frecuencias que presenta la población de Tárbenas (Asimetría: 0.443; Curtosis: 0.541) es más similar a una distribución normal que la distribución de frecuencias mostrada para la población de Crevillente (Asimetría: 2.017; Curtosis: 4.248). Por tanto, se puede concluir que las poblaciones de Crevillente muestran una mayor variabilidad en cuanto al área foliar media de los individuos. En contraposición de las poblaciones de Tárbenas, que tienden a presentar valores más homogéneos.

Esto puede ser debido al grado de heterogeneidad entre microambientes que presenta cada zona. Crevillente pertenece a un clima semiárido en el que la escasez de precipitaciones y la intensidad lumínica son mucho más acusadas que en la zona de Tárbenas, la cual presenta un clima subhúmedo. Esto hace que la heterogeneidad entre los microambientes respecto a la disponibilidad hídrica sea más pronunciada, ya que ésta pasa a depender, principalmente, de las características del sustrato, el microrrelieve y la existencia de proyección de sombra. Este aumento de heterogeneidad puede dar lugar a una mayor probabilidad de formación de morfotipos contrastados.

Sin embargo, los resultados del ANOVA anidado a partir del modelo:

$$X = \text{media} + \text{Pr} + \text{Am} + \text{Si} (\text{Pr} \times \text{Am}) + \text{In} (\text{Pr} \times \text{Am} \times \text{Si}) + \text{Pr} \times \text{Am} + \text{RES}$$

y el estadístico de Cochran de 0.0733, a un nivel de significación de 0.01, el único factor que mostró valores significativos fue el correspondiente a individuo (Tabla 2).

Source	P
Pr	0.1123
Am	0.5478
Si( Pr x Am)	0.0425
ln(Ps x Am x Si)	0.0000*
PrxAm	0.9628

Tabla 2. Resultados del ANOVA anidado. Los valores acompañados de un asterisco son significativos al nivel de 0.01.

Por tanto, la variabilidad de los fenotipos depende exclusivamente de estos, y no de los ambientes y procedencias.

Estos resultados contrastan con los obtenidos por Gratani *et al.* (1989) y Castro *et al.* (1997) para la especie *Quercus ilex* L., en el que corroboran que el descenso del tamaño foliar aparece como respuesta adaptativa a un aumento de radiación y temperatura ambiental y, en el que se observa que el área foliar aumenta con la precipitación, respectivamente. En



## **Efecto de la procedencia de las bellotas y el morfotipo sobre el éxito de germinación de *Quercus coccifera* L.**

---

este último, también se analizó dicha relación para la especie *Quercus coccifera* L., no obteniendo correlación significativa entre estas dos variables. Por tanto, esto podría ser debido a que el área foliar media que presentan sea una respuesta adaptativa principalmente de carácter individual, coincidiendo con los resultados del ANOVA realizados en este apartado.

### ***Caracterización de los individuos madre***

El cálculo del tamaño medio de las hojas de cada población dio como resultado las medias que se observan en la Figura 1. La población de individuos CREHP presenta un valor medio de 0.70 cm<sup>2</sup>, el valor de la población de los individuos de la población CREHG es de 3.22 cm<sup>2</sup> y por último, el valor de la población TAR es de 1.26 cm<sup>2</sup>.

El resultado del ANOVA de un factor mostró que habían diferencias entre las poblaciones en relación al área media de la hojas ( $p=0.00$ ;  $p<0.05$ ). Para averiguar qué poblaciones diferían entre sí se realizó una prueba *pos hoc* de comparaciones múltiples, utilizando el estadístico de Games-Howell, resultando que las poblaciones diferían todas entre sí (Tabla 3). Si se examina el valor absoluto de la diferencia de medias de la Tabla 1 se puede vislumbrar qué poblaciones difieren con mayor intensidad; cuanto mayor sea el valor, mayor será la diferencia entre las poblaciones. Por consiguiente, las po-

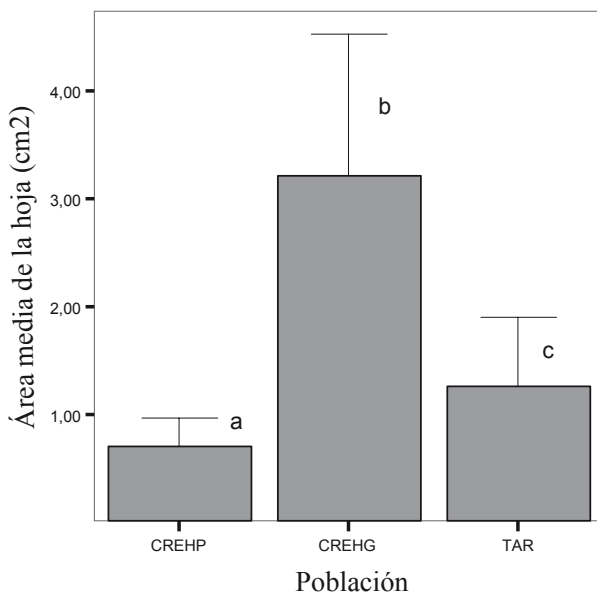


Fig. 1. Representación de las medias y la desviación típica del tamaño medio de las hojas en cm<sup>2</sup> de cada población. Medidas con distinta letra son significativamente diferentes a un nivel 0.05.

blaciones que presentan mayor disparidad entre ellas son la población CREHP y la población CREHG, mostrando un valor absoluto de 2.5. Por el contrario, las que presentan una mayor similitud son la población CREHP y la población TAR, con un valor de 0.5. Por último, entre la población CREHG y la población TAR, se obtiene un valor de 1.96, valor que in-

## Efecto de la procedencia de las bellotas y el morfotipo sobre el éxito de germinación de *Quercus coccifera* L.

Población		Diferencias de medias	Error típico	Sig.
CREHP	CREHG	- 2.521*	0.106	0.000
	TAR	- 0.556*	0.042	0.000
CREHG	REHP	2.521*	0.106	0.000
	TAR	1.965*	0.110	0.000
TAR	CREHP	0.556*	0.042	0.000
	CREHG	- 1.965*	0.110	0.000

Tabla 3. Resultados del análisis de comparaciones múltiples del área media de las hojas de las tres poblaciones a partir del estadístico Games-Howell. Medidas con asterisco son significativamente diferentes a un nivel 0.05.

dica que la población TAR se diferencia más de la población CREHG que de la población CREHP.

Estos resultados son similares a los que se produjeron en el análisis de conglomerados jerárquicos, de los cuales, después de estudiar los resultados derivados (dendrograma, matriz de distancias, y diagrama de témpanos), se obtuvo una clasificación de tres conglomerados (Fig. 2).

Estos mostraron que los individuos de la población CREHG se diferenciaban claramente de la población CREHP. En contra-

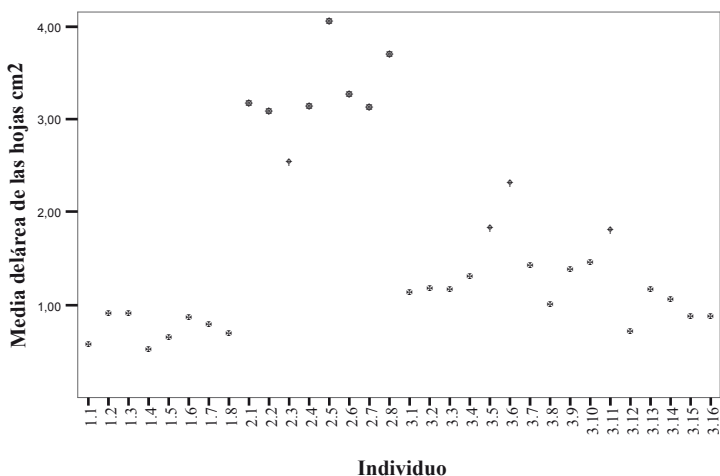


Fig. 2. Resultados del análisis de conglomerados jerárquicos. (1.n CREHP, 2.n CREHG y 3.n TAR. n = individuo. Conglomerados; ▲ 1, ● 2, y ■ 3).

posición, los individuos de la población TAR presentaban valores situados entre medio de estas dos agrupaciones, tendiendo hacia el grupo de la población de individuos de CREHP.

### ***Análisis de porcentajes de germinación***

Al realizar la comparación de medias de los porcentajes totales de germinación de cada población mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis resultó que habían diferencias entre las poblaciones (Chi-cuadrado = 7.592;  $p = 0.022 < 0.05$ ).

## Efecto de la procedencia de las bellotas y el morfotipo sobre el éxito de germinación de *Quercus coccifera* L.

---

Los resultados de las pruebas no paramétricas de Mann-Whitney y de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras mostraron que las poblaciones que diferían significativamente eran las poblaciones de Crevillente de hoja pequeña y la de Tárbenas con la población de Crevillente de hoja grande (U de Mann-Whitney = 0.00;  $p = 0.021$  y Z de Kolmogorov-Smirnov = 1.414;  $p = 0.037$ ). Los valores de los porcentajes medios de germinación totales que presentaron fueron de 19.25 %, 17.50 % y 34.75 %, respectivamente (Fig. 3).

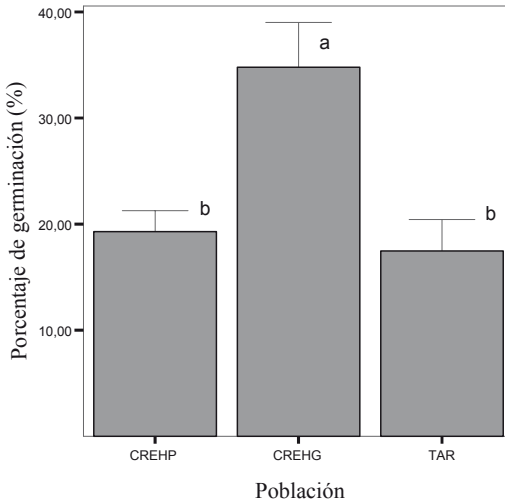


Fig. 3. Media y error típico del porcentaje de germinación (%) de cada población. Medidas con distinta letra son significativamente diferentes. Valores significativos al nivel 0.05.

Los resultados del análisis de las curvas de germinación acumulada, utilizando el método de Kaplan Meier, se muestran en la Figura 4 a, b, y c.

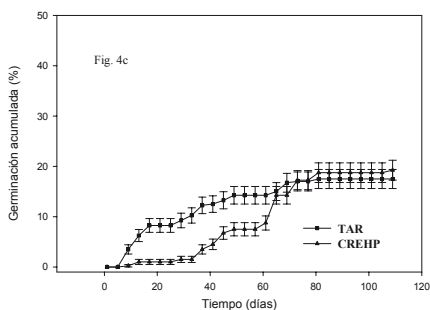
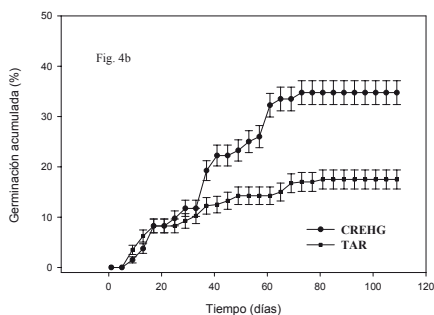
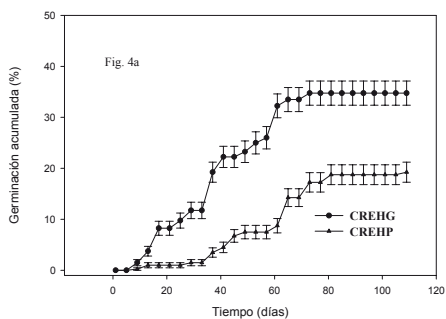


Fig. 4 a, b y c. Curvas de germinación acumulada para cada par de poblaciones. Método de análisis Kaplan-Meier (valor medio $\pm$ es)

## **Efecto de la procedencia de las bellotas y el morfotipo sobre el éxito de germinación de *Quercus coccifera* L.**

---

En la curva de la población de hoja grande se observa tres importantes subidas del porcentaje de germinación; la primera durante los 18 días iniciales, la segunda a los 38 días y la tercera a los 60 días.

En la curva correspondiente a la población TAR, también se observa tres puntos de subida, la primera coincide en tiempo y en porcentaje de germinación con la primera subida que se observa en la curva de la población CREHG. Sin embargo, la segunda y la tercera, a pesar de que también coinciden en el tiempo en que se producen, no muestra valores del porcentaje iguales; la subida es mucho menor quedando esta curva por debajo de la gráfica de la población CREHG (Fig. 4 a).

En cuanto a la curva que presenta la población CREHP, se observan sólo dos puntos de subida que coinciden en tiempo con la segunda y tercera subida observadas en las otras dos curvas. No obstante, los porcentajes de germinación alcanzados en ellas no son lo suficientemente elevados para alcanzar los valores que muestra la curva de la población CREHG (Fig. 4 b). Esto da lugar a que las curvas de las poblaciones CREHP y TAR aparezcan por debajo de la curva de la población CREHG presentando valores similares en la segunda mitad del gráfico (Fig. 4 c).

Los resultados del análisis de comparación de curvas mediante el estadístico de Log-rank mostrados en la Tabla 4, evidencian estas comparaciones; la similitud entre la población CREHP y la población TAR y, la disimilitud de la población CREHG con las otras dos poblaciones. El asterisco que aparece en la tabla señala que presentan valores significativos, y por tanto, muestran diferencias en relación al análisis comparativo.

<b>Población</b>	<b>Estadístico Log Rank</b>	<b>Significancia (p)</b>
CREHG-CREHP	30.20	0.00*
TAR-CREHP	0.08	0.78
CREHG-TAR	28.08	0.00*

Tabla 4. Comparación de las curvas de germinación mediante el estadístico de log-rank. Los valores acompañados de un asterisco son significativos al nivel de 0.05.

Estos resultados coinciden con los porcentajes totales de germinación. Todo apunta a una semejanza entre las poblaciones CREHP y TAR, difiriendo de éstas la población CREHG.

La escasez de estudios relacionados con el efecto de la procedencia y, sobre todo, el efecto de los morfotipos de las plantas madre en la germinación de las simientes del género



## Efecto de la procedencia de las bellotas y el morfotipo sobre el éxito de germinación de *Quercus coccifera* L.

---

*Quercus*, ha imposibilitado la comparación de los resultados obtenidos con otros de estudios similares.

Los resultados de Legesse Negash (2003) para la especie *Podocarpus falcatus* (Thunb.) Mirb. (synonym *P. gracilior* Pilg.) indican que la germinación varía significativamente ( $p < 0.0001$ ) entre poblaciones de diferente procedencia (Centro, Sur-Este, Sur y Este de Etiopía). Sin embargo, estos resultados varían en el transcurso del tiempo, atribuyendo estas diferencias a diversos factores no genéticos como las condiciones ambientales tanto las presentes como las soportadas con anterioridad, características de la maduración de los óvulos y granos de polen y, cualidades del proceso de polinización. Por otra parte, KELLER y KOLLMANN (1999) observan para diferentes especies de pastizales, diferencias en los patrones de germinación a través de un gradiente climático de diversas procedencias.

Esta falta de información es debida a que la mayoría de las investigaciones que implican el estudio del proceso de germinación se han centrado en otros aspectos. Estos procesos se han relacionado principalmente con variables como el tamaño o peso de la semilla (TRIPATHI y KHAN, 1990; AIZEN y WOODCOCK, 1992; SEIWA, 2000), las variables ambientales cuyo estudio da lugar a la elaboración de proto-

colos (CATALÁN, 1991; BRONCANO *et al.*, 1998), y la supervivencia y crecimiento posterior de las plántulas (TRIPATHI y KHAN, 1990; AIZEN y WOODCOCK, 1996; BOND *et al.*, 1999; SEIWA, 2000), entre otras. En cuanto a los estudios donde aparece la variable procedencia como variable principal se han centrado más en la plasticidad que poseen las plántulas de diferentes orígenes bajo el efecto de diversas condiciones ambientales, analizando tanto variables descriptoras del crecimiento; el tamaño de la planta, el número de ramas y la longitud entre nudos como aspectos directamente funcionales; los procesos de translocación a diferentes tejidos de la planta o grados de asimilación (SULTAN, 2000; SULTAN, 2001; BALAGUER *et al.*, 2001).

### ***Análisis del tamaño medio de bellota de cada población***

Los resultados de la comparación de la variable longitud de las bellotas de cada población (Kruskal-Wallis y Mann-Whitney) revelaron diferencias entre la población CREHG y el otro par de poblaciones, mostrando un valor superior (Tabla 5 y Figura 5). Sin embargo, esta diferencia no es muy acusada, es tan sólo de unos pocos milímetros.

## Efecto de la procedencia de las bellotas y el morfotipo sobre el éxito de germinación de *Quercus coccifera* L.

---

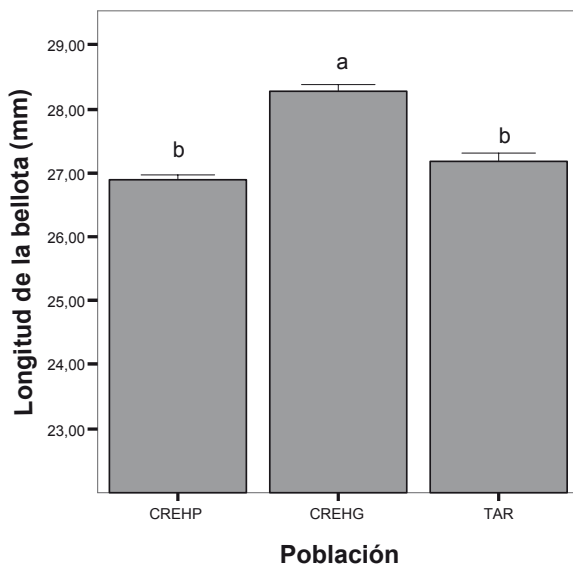


Fig. 5. Medias y errores típicos de la longitud de la bellota de cada población (mm). Y diferencias existentes analizadas mediante la prueba de Kruskal-Wallis; chi-cuadrado 8.346 y  $p < 0.05$  y Mann-Whitney. Diferentes letras muestran diferencias significativas entre las medias al nivel 0.05.

El valor medio de la longitud de las bellotas de esta misma especie obtenido por CAÑELLAS y SAN MIGUEL (2003), fue de 28.90 mm, con un máximo de 39.00 mm y un mínimo de 14.5 mm. Al compararlos con los resultados obtenidos se observa que el valor medio que más se aproxima es el de la población CREHG (28.27 mm), sin presentar gran diferencia

<b>Población</b>	U de Mann-Whitney	<b>Significancia (p)</b>
CREHG-CREHP	0.000	0.021*
TAR-CREHP	3.000	0.149
CREHG-TAR	0.000	0.021*

Tabla 5. Resultados de la comparación de la longitud media de las bellotas por población mediante la prueba *pos hoc* de Mann-Whitney. El asterisco muestra los valores significativos a un nivel de 0.05.

con los valores obtenidos del otro par de poblaciones (CREHP: 26.90 mm; TAR: 27.18 mm).

La Figura 6 muestra las distribuciones de frecuencias absolutas de la variable longitud de la bellota de cada población. Y la Tabla 6, los resultados del análisis comparativo de los valores medios de asimetría, también, por población.

Estos muestran una clara diferencia entre los histogramas de los tamaños de las bellotas entre poblaciones. La población CREHP presenta una asimetría hacia la derecha, la población CREHG a la izquierda y, la población TAR es, prácticamente, simétrica. Por tanto, los valores de mayor frecuencia en la población CREHP pertenecen a clases de tamaño de bellotas más pequeños, que los valores de la población CREHG que pertenecen a clases de tamaño mayores.

## Efecto de la procedencia de las bellotas y el morfotipo sobre el éxito de germinación de *Quercus coccifera* L.

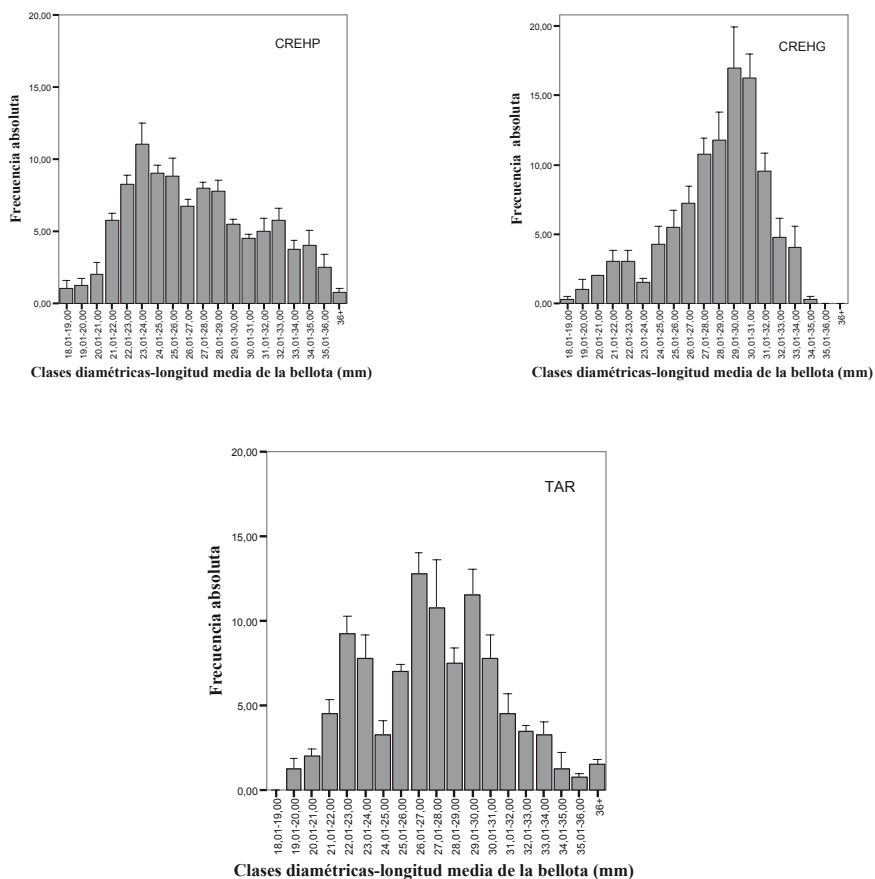


Fig. 6. Distribuciones de frecuencia (Media y error típico) de la variable longitud de la bellota de cada población.

<b>Población</b>	<b>Valor de Asimetría</b>
CREHP	0.315 ± 0.036 <sup>a</sup>
CREHG	-0.859 ± 0.047 <sup>b</sup>
TAR	0.129 ± 0.027 <sup>c</sup>

Tabla 6. Medias y errores típicos del valor de asimetría de cada población. Comparación de valores mediante la prueba de Kruskal-Wallis (Chi-cuadrado = 9.846;  $p < 0.05$ ). Diferentes letras corresponde a diferencias entre valores (U Mann-Whitney = 0;  $p < 0.05$ ).

Al diferir las poblaciones en el tamaño de sus bellotas se podría pensar que esto hubiera influido en la respuesta germinativa. Ya que, las bellotas de mayor tamaño, al tener más reservas acumuladas, pueden llegar a dar un mayor porcentaje de germinación (TRIPATHI y KHAN, 1990).

Para comprobar si el porcentaje de germinación estaba relacionado con el tamaño de la bellota, se compararon, mediante la prueba no paramétrica de Mann-Whitney, una misma cantidad de bellotas germinadas de dos clases de tamaño contrastados (valores de tamaños elevados y valores de tamaños pequeños).

Los resultados mostraron que no había diferencias entre ellas (U de Mann-Whitney=3690 y  $p=0.184 > 0.05$ ). Por tanto, los resultados de los porcentajes de germinación no depen-

## **Efecto de la procedencia de las bellotas y el morfotipo sobre el éxito de germinación de *Quercus coccifera* L.**

---

den del tamaño de las bellotas. CAÑELLAS y SAN MIGUEL (2003) tampoco observaron relación alguna entre el tamaño o la forma de la bellota y su poder germinativo. Esto hace suponer que los factores de procedencia y morfotipo prevalecen sobre el tamaño de las bellotas.

### **Conclusiones**

Este estudio parte de la hipótesis de que las respuestas adaptativas de las plantas frente a diversos ambientes pueden llegar a dar comportamientos morfológicos y fisiológicos diferentes, afectando a los procesos de germinación. Los resultados muestran que existen diferencias entre las poblaciones a nivel de morfotipo, sin embargo a nivel de procedencia depende de los morfotipos comparados.

El efecto de la procedencia y el morfotipo sobre el éxito de germinación se puede observar en los resultados obtenidos del cálculo de los porcentajes totales de germinación y de las curvas de germinación acumulada, donde la población de CREHG difiere de las otras dos poblaciones presentando mayores porcentajes y una distribución de germinaciones diarias diferentes.

Estas diferencias entre los porcentajes de germinación entre poblaciones no son debidas a que la población de mayor por-

centaje presente un tamaño de bellota mayor. Los resultados obtenidos corroboran que el éxito de germinación depende de las características de la planta madre y no del tamaño de las bellotas, a pesar de que las de hoja pequeña tienden a presentar bellotas con un tamaño menor.

Las poblaciones de CREHP y la de TAR presentan características similares en relación a la germinación. Los individuos tomados de esta segunda población, muestran una morfología foliar muy similar a la de CREHP. Por tanto, todo apunta a que el morfotipo prevalece a la procedencia, pudiendo concluir que los individuos con tamaños de hojas pequeñas no resultan buenos productores de semillas con éxito germinativo.

El presente trabajo pone de manifiesto la necesidad de controlar la recogida de semillas considerando el morfotipo individual de las plantas en las tareas previas a la producción de planta en vivero con fines de restauración ecológica. La evaluación de las características morfológicas y funcionales de las poblaciones de plantas de procedencias locales utilizadas como fuentes de diásporas podría facilitar el control de la calidad genética en la planificación de los proyectos de conservación y restauración (FENSTER y DUDASH, 1994; HUFFORD y MAZER, 2003).



## **Efecto de la procedencia de las bellotas y el morfotipo sobre el éxito de germinación de *Quercus coccifera* L.**

---

### **Agradecimientos**

Este estudio ha sido financiado por el proyecto “Selección de procedencias y producción de planta en vivero para la restauración de la cubierta vegetal y control de la erosión en clima semiárido” (CEAM 1-01I) y, por la ayuda económica otorgada por el Instituto Juan Gil-Albert. Agradecer a Andrés Pastor, Jose Miguel Egea, y Luis Falagan por su amistad e importante contribución en la campaña de mediciones en campo y vivero. A María Jesús Gras, Pilar Castro, Esteban Chirino y Just T. Bayle por sus consejos y aportaciones científicas. Y, al personal del vivero de Santa Faz (Alicante) tanto por las instalaciones y material prestado como por su ayuda desinteresada.

### **Bibliografía**

- ABAD, N.; CATURLA, R.N.; BAEZA, J.; BLADÉ, C.; VIEIRA, F.; CARBÓ, E.; VALDECANTOS, A.; BONET, A.; SERRASOLSAS, I.; GUARDIA, R., RAVENTÓS, J., ALLOZA, J.A., ESCARRÉ, A., BELLOT, J. Y VALLEJO, V.R. 1996. Regeneración de los montes quemados. En V.R. Vallejo (ed.), *La restauración de la cubierta vegetal en la Comunidad Valenciana.*, pp. 51-148. CEAM, Valencia, España.
- ACKERLY, D.D.; DUDLEY, S.; SULTAN, S.; SCHMITT, J.; COLEMAN, J.; RANDALL, C.; SANDQUIST, D.; GEBER, M.; EVANS, A.; DAWSON, T. and LECHOWICZ, J. 2000. The evolution of plant ecophy-

biological traits: recent advances and future directions. *BioScience*. 50(11): 979-995.

AIZEN, M.A. and WOODCOCK, H. 1992. Latitudinal trends in acorn size en eastern North American species of *Quercus*. *Can. J. Bot.* 70: 1218-1222.

AIZEN, M.A. and WOODCOCK, H. 1996. Effects of acorn size on seedling survival and growth in *Quercus rubra* following simulated spring freeze. *Can. J. Bot.* 74: 308-314.

BALAGUER, L.; MARTÍNEZ-FERRI, E.; VALLADARES, F.; PÉREZ-CORONA, E.; BAQUEDANO, F.J; CASTILLO, F.J and MANRIQUE, E. 2001. Population divergence in the plasticity of the response of *Quercus coccifera* to the light environment. *Functional Ecology* 15: 124-135.

BLUE M, P. and JENSEN, R. J. 1988. Positional and seasonal variation in oak (*Quercus fagaceae*) leaf morphology. *Am J Bot.* 75: 939-947.

BOND, W.J.; HONING, M. and MAZE, K.E. 1999. Seed size and seedling emergence: an allometric relationship and some ecological implications. *Oecologia* 120: 132-136.

BRONCANO, M. J.; RIBA, M. and RETANA, J. 1998. Seed germination and seedling performance of two Mediterranean tree species, holm oak (*Quercus ilex* L.) and Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.): a multifactor experimental approach. *Plant Ecology* 138: 17-26.

## Efecto de la procedencia de las bellotas y el morfotipo sobre el éxito de germinación de *Quercus coccifera* L.

---

- CAÑELLAS, I. 1990. Ecología y manejo de matorrales de coscoja (*Quercus coccifera* L.) en España. *Investigaciones Agrarias, Sistemas y Recursos Forestales* 0: 25-34.
- CAÑELLAS, I. and SAN MIGUEL, A. 2003. La coscoja (*Quercus coccifera* L.): Ecología, características y usos. Monografías INIA: Forestal N.5. Madrid
- CASTRO P.; VILLAR, P.; PÉREZ, C.; MAESTRO, M. and MONTSE-RRAT, G. 1997. Leaf morphology leaf chemical composition en three *Quercus* (Fagaceae) species along a rainfall gradient in NE Spain. *Trees* 11: 127-134.
- CATALÁN, G. 1991. Semillas y arbustos forestales. ICONA. Madrid. 4ª Edición.
- CORTINA, J. and VALLEJO, V.R. 2004. The encyclopedia of life support systems (*EOLSS*). UNESCO-EOLSS Publishers Ltd.
- DE LUIS, M.; RAVENTÓS, J.; GOMZÁLEZ-HIDALGO, J.C; SÁNCHEZ, J.R. and CORTINA, J. 2000. Spatial análisis of rainfall trends in the Region of Valencia (East Spain). *International Journal of Climatology* 20:1451-1469
- DI CASTRI, F.; GOODALL D. W. and SPECHT R. L. 1981. Mediterranean-type shrublands. *Elsevier Scientific Publishing Company*, Amsterdam.
- FENSTER, C.B. and DUDASH, M.R., 1994. Genetic considerations in plant population conservation and restoration. En: M.L. BOWLES and C. WHELAM (ed.), *Restoration of Endangered Species: Con-*

*ceptual Issues, Planning and Implementation*, pp. 34-62. Cambridge University Press.

FOX, G. A. 1993. Failure-time analysis: Emergence, flowering, survivorship, and other waiting times. En: SCHEINER, S. M. y GUREVICH, J.. Eds. *Design and Analysis of Ecological Experiments*. Chapman y Hall. New York. Pp. 253-289.

GARCÍA, P. 2001. Bases ecológicas para la recolección, almacenamiento y germinación de semillas de especies de uso forestal de la Comunidad Valenciana. IMEDEA. 82 pp.

GRATANI, L.; FIORENTINO, E.; KUBOVA, A. and MARZI, P. 1989. Effect of microclimate on ecophysiological features of some sclerophyllous species. *Photosynthetica* 23 (2): 230-233.

GRATANI, L. 1995. Structural and ecophysiological plasticity of some evergreen species of the mediterranean maquis in response to climate. *Photosynthetica* 31 (3): 335-343.

HUFFORD, K.M. and MAZER, S.J. 2003. Plant ecotypes: genetic differentiation in the age of ecological restoration. *Trends in Ecol. and Evol.* 18:147-155.

JOFFRE, R.; RAMBAL, S. and DAMESIN, C. 1999. In: P.I. Pugnaire and F. Valladares (ed.), *Handbook os Functional Plant Ecology*, pp. 347-380. Marcel Dekker, New York.

JOFFRE, R.; RAMBAL, S. and WINKEL, T. 2001. Respuestas de las plantas mediterráneas a la limitación de agua : desde la hoja hasta el dosel. In: R. Zamora y F.I Pugnaire (ed.), *Ecosistemas Mediterrá-*

## Efecto de la procedencia de las bellotas y el morfotipo sobre el éxito de germinación de *Quercus coccifera* L.

---

*neos - Análisis Funcional. Simposio de la Sociedad Española de Ecología Terrestre*, pp. 37-65. CSIC-AEET, Granada.

- KAYE, T.N. 2001. Common ground and controversy in native plant restoration: the SOMS debate, source distance, plant selections, and a restoration oriented definition of native. In: D.L Haase and R. Rose (ed.), *Native plant propagation and restoration strategies*. Nursery Technology Cooperative and Western Forestry and Conservation Assosiation. Eugene, OR.
- KELLER, M. and KOLLMANN, J. 1999. Effects of seed provenance on germination of herbs for agricultural compensation. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 72: 87-99.
- LIACOS, L. G. and MOULOPOULOS, CH. 1967. Contribution to the identification of some range types of *Quercus coccifera* L. in North Greece. *For. Res. Center Es. Bull.* 16, 54 p.
- MITRAKOS, K. A. 1980. A theory for Mediterranean plant life. *Acta Oecol/Oecol Plant* 1: 245-252.
- NEGASH, L. 2003. In situ fertility decline and provenance differences in the East African Yellow Wood (*Podocarpus falcatus*) measured through in vitro seed germination. *Forest Ecology and Managment* 174: 127-138.
- RAMBAL, S. and LETERME J. 1987. Changes in aboveground structure and resistances to water uptake in *Quercus coccifera* along a rainfall gradient. In: J.D Tenhunen, F.M Catarino, O.L Lange and W.D Oechel (ed.), *Plant Response to Strees. Functional Analysis*

*in Mediterranean Ecosystems*, pp.191-200. NATO ASI Series, Vol. G15. Springer-Verlag, Berlín.

RAMBAL, S. 1993. The differential role of mechanisms for drought resistance in a Mediterranean evergreen shrub: a simulation approach. *Plant, Cell and Environment* 16: 35-44.

SEIWA, K. 2000. Effects of seed size and emergence time on tree seedling establishment: importance of developmental constraints. *Oecologia* 123: 208-215.

SAKVILLE, N.R. 2001. Is local provenance important in habitat creation?. A replay. *Ecology* 38: 1374-1376.

SULTAN, S. 2000. Phenotypic plasticity for plant development, function and life history. *Trends in plant science*. 5(12): 537-542.

SULTAN, S. 2001. Phenotypic plasticity for fitness components in *Polygonum* species of contrasting ecological breadth. *Ecology*. 82(2): 328-343.

TRIPATHI, R.S. and KHAN, M.L. 1990. Effects of seed weigh and microsite characteristics on germination and seedling fitness in two species of *Quercus* in subtropical wet hill. *Oikos* 57: 289-296.

TUDELA, T. and TADEO, R. 1993. Respuestas y adaptaciones de las plantas al estrés. In: J. Azcon and M. Talon (ed.), *Fisiología y bioquímica vegetal*, pp 537-551. Interamericana-Mcraw-Hill.

UNDERWOOD, A.J. and CHAPMAN, M.G. 1997. GMAV. Institute of Marine Ecology. University of Sydney.

## Efecto de la procedencia de las bellotas y el morfotipo sobre el éxito de germinación de *Quercus coccifera* L.

---

- VALLADARES, F. 1999. Architecture, ecology and evolution of plant crowns. In: F. I. Pugnaire and F. Valladares (ed.), *Handbook of functional plant ecology*, pp 121-194 Marcel Dekker, New York.
- VALLADARES, F. 2001. Características mediterráneas de la conversión fotosintética de la luz en biomasa: de órgano a organismo. In: R. Zamora y F.I Pugnaire (ed.), *Ecosistemas Mediterráneos - Análisis Funcional. Simposio de la Sociedad Española de Ecología Terrestre*, pp. 67-93. CSIC-AEET, Granada.
- VALLADARES, F. and PEARCY, R. W. 1998. The functional ecology of shoot architecture in sun and shade plants of *Heteromeles arbutifolia* M. Roem., a Californian chaparral shrub. *Oecologia* 114: 1-10.
- VALLADARES, F. and PEARCY, R. W. 1999. The geometry of light interception by shoots os *Heteromeles arbutifolia*: morphological and physiological consequences for individual leaves. *Oecologia* 121:171-182.
- VALLADARES, F. and PEARCY, R. W. 2000. The role of crown architecture for harvesting and carbon gain under extreme light conditions assessed with a realist 3-D model. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 58:3-16.
- VICIOSO, C. 1950. Revisión del género *Quercus* en España. I.F.I.E. Madrid.
- ZAR, J.M. 1996. Biostatistical analysis. Prentice May, Upper Saddle River, NY.

WILKINSON, D.M. 2001. Is local provenance important in habitat creation?. *Ecology* 38: 1371-1373.