

Nº REFERENCIA:
CGL2004-04325



MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y
DESARROLLO TECNOLÓGICO**

INFORME DE SEGUIMIENTO DE PRIMER AÑO

Investigador Principal: Juli García Pausas
Título del Proyecto: Variabilidad morfológica y funcional y capacidad de regeneración en <i>Quercus suber</i> (VARQUS)
Organismo: Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM)
Centro:
Departamento: Restauración Forestal
Fecha de inicio del proyecto: 13 Diciembre 2004
Fecha de finalización del proyecto: 12 Diciembre 2007

Fecha: 28 marzo de 2006

ILMO. SR. SUBDIRECTOR GENERAL DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN
Paseo de la Castellana, 160. 28071 MADRID

A. ACTIVIDADES REALIZADAS Y GRADO DE CONSECUCCIÓN DE LOS OBJETIVOS PROPUESTOS

1. Describa brevemente las actividades realizadas en el primer año de desarrollo del proyecto. Indique si existe algún resultado a que haya dado lugar el proyecto durante ese periodo.

Tarea 1. Variabilidad ambiental y de hábitat en poblaciones de *Quercus suber* en la costa mediterránea

Se ha seleccionado la población de alcornoques de Pinet (Valencia), para la realización de un estudio intensivo de la variabilidad en las relaciones entre los parámetros ambientales, especialmente edáficos, y la presencia de alcornoques y regenerado de alcornoques. Se ha seleccionado esta localidad por ser una de las poblaciones más pequeñas y marginales de alcornocal, y además por presentar características edáficas diferente y variadas, comparado con otros alcornocales. En concreto, los suelos del alcornocal de Pinet presentan valores de pH que varían entre 5.6 y 8.4, sobre dolomías. Se han seleccionado un total de 140 polígonos de tal manera que cada polígono presenta condiciones aproximadamente homogéneas en sus condiciones ambientales (exposición, pendiente). Cada polígono tiene diferente tamaño y forma, y en cada uno de ellos se ha recogido 3 muestras de suelo, que actualmente se están analizando. Además, para cada polígono se ha cuantificado la abundancia (número y área basal) de las diferentes especies de árboles (principalmente alcornoque y *Pinus pinaster*), la densidad de regenerado (con 3-5 subparcelas de 5 x 5 metros en cada polígono), y las características topográficas.



Fig. 1. Esquema de la estructura de polígonos en el muestreo del alcornocal de Pinet. Los diferentes sombreados indican los valores de densidad de regeneración del alcornoque en individuos por 25 m².

Tarea 2. Variabilidad (espacial y temporal) en la producción de bellotas de *Quercus suber*, y sincronía con otras quercíneas.

El muestreo de la producción de bellotas se ha realizado con diferentes grados de precisión en las tres localidades valencianas de alcornocal: Serra d'Espadà (Castelló), Serra Calderona (València), y Pinet (València).

- Se ha colocado trampas de recolección de frutos 50 alcornoques, 21 en la Serra d'Espadà 19 en Calderona, y 10 en el alcornocal de Pinet. Las trampas se ha revisado

quincenalmente durante el otoño, y se ha recogido y contabilizado las bellotas. En el laboratorio, las bellotas han sido medidas (largo y ancho).

- En 203 alcornoques distribuidos en las 3 localidades, se ha cuantificado visualmente la cantidad total de bellotas. Para ellos se hace un conteo de las bellotas con ayuda de prismáticos.
- En 626 individuos de diferentes quercíneas (*Q. suber*, *Q. ilex*, *Q. coccifera*, *Q. faginea*) se ha contabilizado las bellotas de manera visual (con prismáticos) pero durante 30 segundos. Esto nos da una idea de la densidad de bellotas de manera muy rápida, y nos permite muestrear diferentes especies y muchos árboles en poco tiempo.
- Para 20 árboles de diferentes tamaños, se ha realizado el conteo de 30 segundos, el conteo total visual, y después se han tirado todas las bellotas para hacer un conteo total real. Esto nos ha permitido calibrar los conteos visuales. Se ha encontrado una relación altamente significativa entre el número real y los conteos visuales, tanto en el conteo de 30 segundos ($r= 0.92$, $p<0.0001$) como en el conteo total ($r= 0.98$, $p<0.0001$), hecho que nos informa de la validez de la metodología seguida.
- Se ha continuado con el seguimiento de los alcornoques que previamente habían estudiado en el CSIC-CIDE, desde 1999, con la finalidad de tener una serie más larga de producción de bellotas. Los muestreos corresponden a cuantificación cualitativa de 20 individuos en las 3 localidades valencianas.

Los resultados preliminares sugieren que existe mucha variabilidad en la producción de bellotas entre diferentes individuos, con muchos individuos con muy poca producción y muy pocos individuos con elevada cantidad de bellota. La Sierra de Calderona es la localidad donde se produjo menos bellota durante el 2005.

El tamaño de las bellotas también muestra ser variable entre individuos, y se observa una tendencia significativa a bellotas de mayor tamaño en Pinet, de menor tamaño en Espadà, e intermedias en Calderona; el efecto del individuo es también significativo.

Estos resultados deben contrastarse con los siguientes años.

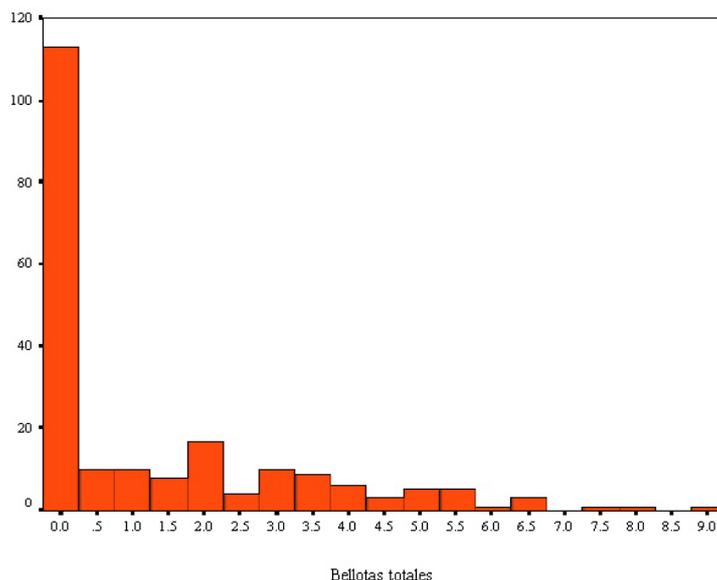


Fig. 2. Distribución de frecuencias del número de bellotas totales (conteo visual) en los alcornoques estudiados. El número de bellotas esta expresado en logaritmo. Se observa que el 55% de los árboles no tenían ninguna bellota (media = 1.3 bellotas, SD= 1.92).

Tarea 3. Características morfológicas y funcionales, y plasticidad de individuos adultos en *Quercus suber*.

Dentro de este apartado se pretende profundizar en el conocimiento de la variabilidad individual de los alcornoques adultos, estableciendo en qué medida los individuos se diferencian morfológica y funcionalmente, para poder relacionarla posteriormente con la variabilidad de la descendencia. Para ello se han estudiado las características morfológicas y funcionales de los

individuos monitorizados en la Tarea 2, y de los individuos de la zona experimental de los Montes de Toledo, correspondiente a la población occidental de alcornoques de la Península Ibérica.

Se han estudiado 15 individuos de 3 procedencias diferentes (Tabla 1), todas ellas dentro de la distribución natural de *Quercus suber* en la Península Ibérica. De las 3 procedencias estudiadas, una corresponde a las poblaciones occidentales, Montes de Toledo; y las otras dos a las poblaciones orientales: Sierra de Calderona (Valencia) y Sierra de Espadán (Castellón). Cada procedencia fue representada por 5 familias de polinización abierta cuyos árboles maternos fueron considerados como progenitores de medios hermanos ('half-sib'), al estar separados por más de 100 metros entre ellos.

Se han analizado las características morfológicas y funcionales de los individuos adultos: altura del árbol, diámetro normal, tamaño de la copa, caracterización de las bellotas (tamaño, tasa de germinación), viabilidad de las bellotas, eficiencia en el uso del agua integrada ($\delta^{13}\text{C}$), concentración de nutrientes foliares, morfología foliar (peso específico foliar, área foliar sustentada). La recolección de bellotas se llevó a cabo en el otoño del 2003. Se han recogido alrededor de 1200 bellotas por árbol.

Los resultados que se presentan a continuación son preliminares, ya que se está trabajando en la elaboración de los datos obtenidos.

Tabla 1. características de los árboles seleccionados en las diferentes localidades.

Procedencia	Código árbol	Localización (coordenadas UTM)		Diámetro normal (cm)
Toledo	3	4428512.77	316903.88	133.69
	16	4428638.24	316941.02	113.64
	23	4428648.89	316916.22	80.85
	66	4428627.14	317084.99	87.22
	81	4428624.83	317226.74	65.57
Espadán	2941	4415857	0729501	92.3
	2942	4416519	0728574	89.6
	2943	4415189	729357	92.4
	2944	4415251	729244	54.5
	2945	4416834	728229	57.9
Calderona	12			28.6
	651	4402036	712744	57.3
	652			47.7
	653			44.5
	654			57.3

En cuanto a la capacidad de suministro de agua a las hojas por la sección transversal de madera (índice de Huber) y la morfología foliar, las Figuras 3 y 4 muestran los principales resultados para las procedencias Calderona y Espadán, y para cada una de las familias.

En relación con el índice de Huber, los resultados muestran una gran variabilidad entre familias. En la población de Calderona, en algunos individuos no se observan diferencias entre los índices interiores y exteriores, mientras que en Espadán todas las familias muestran una tendencia a tener índices mayores en la parte exterior de la copa. El peso específico foliar medio por localidades muestra en Calderona valores ligeramente superiores a Espadán.

El volumen de las bellotas recolectadas para cada una de las procedencias y familias muestra que en las procedencias Calderona y Espadán existe una gran variabilidad entre familias mientras que en la procedencia Toledo existe muy poca variabilidad (Figura 5).

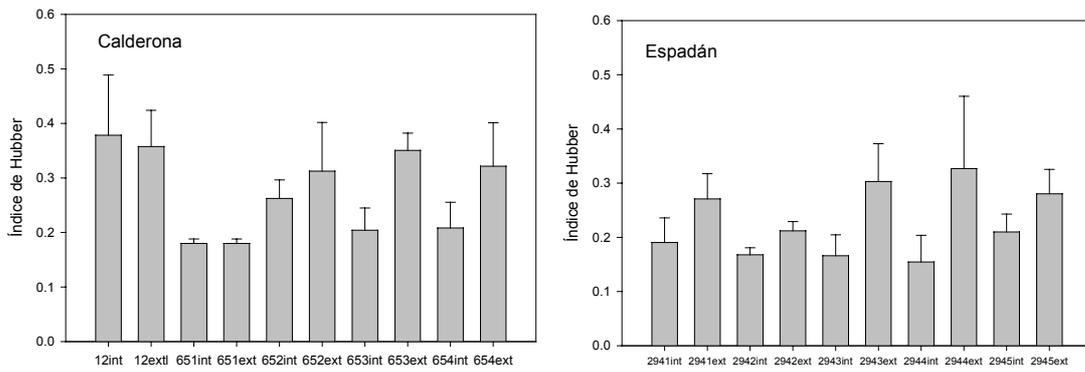


Figura 3. Índice de Hubber (sección transversal rama/área foliar sustentada, $\text{cm}^2 \text{cm}^{-2}$) como estimación de la capacidad de suministro de agua a las hojas por una rama, para cada una de las familias de las procedencias Espadán y Calderona, medida en la parte interna (int) y externa (ext) de la copa. Las barras muestran la media y el error estándar.

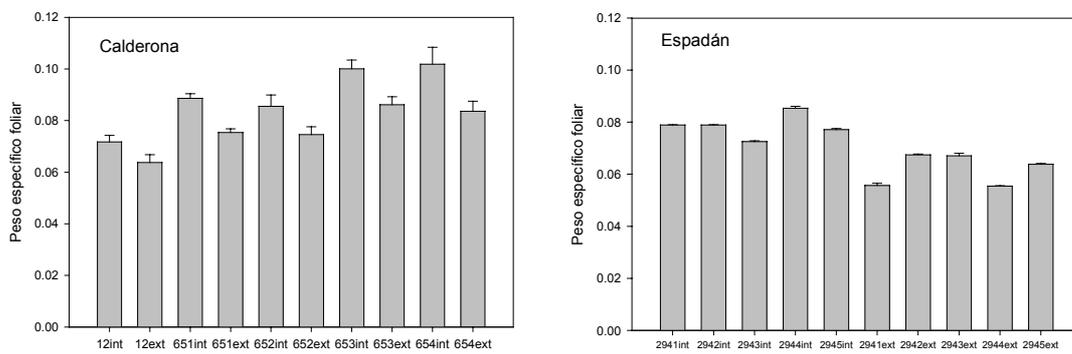


Figura 4. Peso específico foliar (mg cm^{-2}) para cada una de las familias de las procedencias Espadán y Calderona, medida en la parte interna (int) y externa (ext) de la copa. Las barras muestran la media y el error estándar.

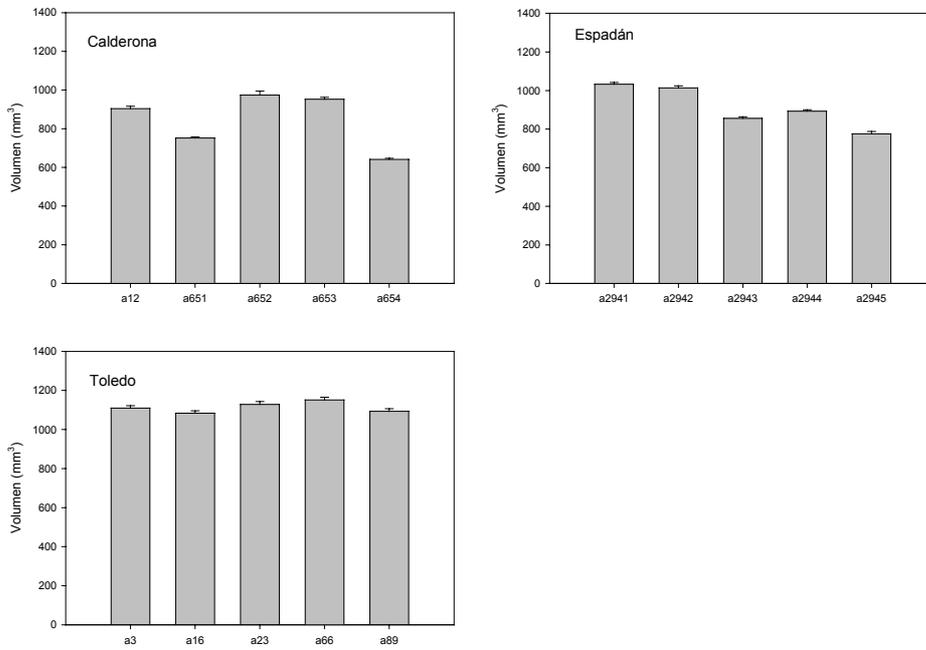


Figura 5. Volumen (mm^3) de las bellotas recolectadas para cada una de las familias y procedencias. Las barras muestran la media y el error estándar.

Tarea 4. Características morfológicas y funcionales y plasticidad de los brinzales en *Quercus suber*.

En este tarea hemos caracterizado diversos aspectos de la variabilidad inter-poblacional e intra-poblacional de *Quercus suber*. Se han estudiado 15 familias de 3 procedencias, todas ellas dentro de la distribución natural de *Quercus suber* (ver Tabla 1, Tarea 3).

El experimento de plasticidad de los progenies se llevó a cabo en el vivero forestal de la Conselleria de Territorio y Vivienda (Generalitat Valenciana) de Santa Faz (Alicante), con exposición directa al sol. Después de la caracterización de las bellotas, las plantamos en contenedores forestales (Super-leach 305 cm³) con sustrato de arena, turba y fibra de coco (1:1:1 en volumen). Los brinzales resultantes fueron sometidos a 4 tratamientos: (1) Control (Riego regular), (2) riego deficitario (50% de Control), y aplicaciones directas de (3) carbonato cálcico y (4) carbonato magnésico en polvo (2,5 gramo por contenedor, aplicado cada 30 días en la superficie del mismo), manteniendo en estos casos un nivel de riego alto.

Durante 2005, hemos registrado el estado fenológico de las plantas y evaluado la morfología de la parte aérea (altura del tallo, diámetro basal, número de ramas, anchura y longitud de las hojas). Periódicamente, hemos medido el contenido de clorofilas (mediante SPAD) en 3 hojas por individuo y 10 individuos por familia. Al final del período vivero, evaluamos el crecimiento potencial de raíces (número de raíces nuevas emergidas del cepellón de 9 plantas por tratamiento sometidas a condiciones óptimas de crecimiento durante 15 días), así como el intercambio de gases (IRGA, Porómetro LI-COR 6400) y el estado de los fotosistemas (fluorímetro PAM-2000 Waltz Inst.) de 5 brinzales por familia. Después de las evaluaciones fisiológicas, se cuantificaron diferentes variables morfológicas en 10 brinzales por familia: altura, diámetro basal, biomasa (foliar, caulinar y radicular), superficie foliar, número de hojas y ramas, y longitud radicular. A partir de esta información hemos calculado el peso específico foliar, el área específica foliar y el tamaño medio de hoja. Hemos elaborado un índice para cuantificar la ramosidad de cada individuo, mediante una escala semi-cuantitativa que oscila entre 1 y 5, dependiendo de la proporción de los individuos de cada familia que mostraron ramas laterales (1: sin ramas, 2: de 1 a 3 ramas, 3: de 4 a 6 ramas, 4: de 7 a 9 ramas, y 5: más de 9 ramas).

Con los datos obtenidos, se calculó el Índice de Plasticidad Fenotípica (diferencia entre valor máximo y mínimo dividido por el valor máximo para el conjunto de brinzales de una familia sometidos a un determinado tratamiento), para cada una de las variables. Para evaluar el efecto de la procedencia, familia y tratamiento sobre la plasticidad fenotípica, se empleó un modelo lineal mixto, con procedencia y tratamiento como factor fijo, y familia como factor aleatorio anidado en el anterior.

Tabla 2. Síntesis de los resultados del análisis de la varianza para evaluar el efecto de los diferentes factores sobre las morfología y fisiología de los brinzales, basado en un modelo lineal mixto, con Procedencia y Tratamiento como factores fijos, y Familia como factor aleatorio anidado en Procedencia. Los asteriscos corresponden a un nivel de significación de 0.05 (uno), 0.01 (dos) y <0.001 (tres).

Variable	Tratamiento	Procedencia	Familia	Trat x Fam	Trat x Proc
Altura del tallo			**	***	
Diámetro del cuello de la raíz	*		***	*	**
Biomasa foliar	***		***	***	
Biomasa caulinar	*		***	*	
Área foliar	***		***	***	
Número de hojas	**		***	*	
Peso específico foliar	*	*	**		
Ramosidad	***		***		
Eficiencia fotoquímica alba	*	**		***	
Eficiencia fotoquímica mediodía			**	**	
Coductancia estomática				*	
Concentración pigmentos (SPAD)				*	

Resultados

- Características morfológicas y fisiológicas

La mayoría de las variables mostró diferencias relacionadas con el tratamiento y la familia (Tabla 2). Sólo la eficiencia fotoquímica al alba y el peso específico foliar mostraron diferencias significativas en función de la procedencia. La interacción familia x tratamiento fue significativa para todas las variables, excepto para el peso específico foliar y la ramosidad, sugiriendo que diferentes familias respondieron de manera diferente a los tratamientos. En general, podemos constatar que las similitudes entre procedencias fueron expresadas en mayor grado que entre familias.

- Plasticidad fenotípica

Se observaron valores elevados de plasticidad para la mayoría de características morfológicas, especialmente en relación al área foliar, la biomasa foliar, la biomasa caular y el número de hojas (Tabla 3). Sin embargo, las variables fisiológicas, especialmente las eficiencias fotoquímica alba y mediodía, mostraron valores menores de plasticidad. Teniendo en cuenta el conjunto de tratamientos, S. Espadà fue la procedencia más plástica y M. Toledo la menos plástica. No obstante, S. Calderona fue la procedencia más plástica en presencia de carbonato cálcico. Las mayores diferencias morfológicas entre S. Espadà y M. Toledo se observaron en brinzales sometidos a sequía moderada. Entre S. Espadà y S. Calderona, las mayores diferencias se pusieron de manifiesto tras la aplicación de carbonato cálcico. Las mayores diferencias en la respuesta ecofisiológica se observaron entre los brinzales de S. Espadà y S. Calderona en el tratamiento control; y entre S. Calderona y M. Toledo en los brinzales tratados con carbonato cálcico. Por otro lado, comparando los tratamientos, se observaron valores similares de plasticidad en los brinzales sometidos a carbonato cálcico o magnésico, tanto en variables morfométricas (0,55-0,56), como fisiológicas (0,40-0,40). Los valores mínimos de plasticidad, en ambos grupos de variables, fueron observados en los brinzales sometidos a riego sub-óptimo.

Table 3. Índice de plasticidad fenotípica de algunas de las variables morfológicas y fisiológicas de brinzales de *Quercus suber* evaluadas. ESP, CAL y TOL corresponden a las tres procedencias estudiadas: S. Espadà, S. Calderona, y M. Toledo, respectivamente. Ver detalles de los tratamientos en el texto. Cada procedencia representa la media de 3-5 familias. Las variables Xp y Xt corresponden a las medias por procedencia y tratamiento, respectivamente.

	CONTROL			SEQUÍA			MgCO ₃			CaCO ₃		
	ESP	CAL	TOL	ESP	CAL	TOL	ESP	CAL	TOL	ESP	CAL	TOL
H	0.42	0.44	0.46	0.48	0.38	0.41	0.38	0.34	0.37	0.42	0.44	0.41
D	0.37	0.40	0.41	0.41	0.41	0.47	0.42	0.44	0.42	0.42	0.41	0.41
LA	0.72	0.76	0.73	0.64	0.61	0.64	0.71	0.66	0.71	0.61	0.79	0.64
LM	0.75	0.81	0.84	0.71	0.69	0.68	0.78	0.73	0.76	0.74	0.88	0.71
SM	0.71	0.70	0.62	0.69	0.53	0.65	0.69	0.58	0.59	0.63	0.65	0.68
BI	0.82	0.76	0.60	0.6	0.48	0.4	0.425	0.5	0.62	0.5	0.48	0.58
LN	0.71	0.79	0.73	0.77	0.74	0.75	0.78	0.75	0.77	0.66	0.78	0.73
SLW	0.31	0.27	0.17	0.34	0.37	0.20	0.48	0.25	0.19	0.28	0.30	0.25
Xp	0.60	0.62	0.57	0.58	0.53	0.52	0.58	0.53	0.55	0.53	0.59	0.55
Xt			0.60			0.54			0.55			0.56
φ a	0.18	0.16	0.12	0.21	0.13	0.14	0.18	0.25	0.19	0.24	0.38	0.12
φ m	0.33	0.21	0.18	0.20	0.14	0.18	0.31	0.22	0.22	0.29	0.25	0.17
G	0.57	0.42	0.52	0.51	0.53	0.45	0.59	0.62	0.50	0.56	0.46	0.50
SPAD	0.51	0.53	0.44	0.49	0.52	0.41	0.58	0.47	0.54	0.57	0.59	0.46
Xp	0.40	0.33	0.37	0.35	0.33	0.34	0.41	0.39	0.40	0.41	0.42	0.36
Xt			0.37			0.34			0.40			0.40

Tarea 5. Relaciones adulto - brinzal

Esta tarea se elaborará mas adelante, durante el último año del proyecto.

Difusión

- Se ha realizado una página web para el proyecto (<http://www.ceam.es/pausas/varqus.htm>). De momento esta página incluye muy poca información debido a que los resultados están aun en elaboración.
 - La idea, metodología y primeros resultados preliminares del proyecto fueron presentados en una reunión del proyecto "Seguimiento a largo plazo de los patrones de producción de semillas y reclutamiento de encinares ibéricos" (BOS2002-12222-E), en Plasencia (Noviembre 2004).
2. Si ha encontrado problemas en el desarrollo del proyecto, coméntelos, especificando su naturaleza (de carácter científico, de gestión, etc).

Estaba previsto incluir en la Tarea 2 una cuarta localidad, en concreto en la Gavarres (Catalunya). De momento no se ha incluido por problemas logísticos, ya que durante el 2005 la producción de bellotas fue muy reducida y temporalmente muy concentrada, y nos imposibilitó recoger muestras de 4 localidades. En las Gavarres solo se hicieron algunas salidas puntuales y se constató la baja productividad de la mayoría de los árboles durante ese año.

B. PERSONAL EN EL PROYECTO

Nota: Se recuerda que las altas y bajas deben tramitarse de acuerdo con las "Instrucciones para el desarrollo de los proyectos de I+D" expuestas en la página web del Ministerio de Educación y Ciencia.

1. En el caso de que la ayuda concedida incluyera una partida para la incorporación de personal con cargo al proyecto, informe sobre la/s incorporación/es realizada/s, especificando nombre, titulación, situación laboral (beca o contrato) y tareas asignadas en el proyecto (**adjunte la documentación acreditativa en formato digital**)

No aplicable

2. Indique si se han producido altas y/o bajas en el equipo investigador desde el inicio del proyecto y, en su caso, si han sido ya comunicadas previamente y autorizadas por esta Subdirección General.

No aplicable

C. PROYECTOS COORDINADOS (Cumplimentar sólo por el coordinador si se trata de un proyecto coordinado)

Describa el desarrollo de la coordinación entre subproyectos en este año, y los resultados de dicha coordinación con relación a los objetivos globales del proyecto.

No aplicable

D. RELACIONES O COLABORACIONES CON DIVERSOS SECTORES

1. En caso de que estuviera prevista la participación o respaldo activo por parte de alguna Empresa o Agente socio-económico con interés en el proyecto, indique cómo se está realizando dicha participación.
- El Banco de Semillas *Banc de Llavors de la Generalitat Valenciana* ha proporcionado parte de las bellotas y ha realizado test de viabilidad para el proyecto.

- La empresa Oret Subericultura ha participado en la cesión de terrenos para la plantación de brinzales en la Sierra de Espadà y en su implementación, actuando como EPO dentro del proyecto.
- La Conselleria de Territorio y Vivienda (Generalitat Valenciana) ha cedido las infraestructuras del vivero público Santa Faz (Alicante) para la producción de brinzales. Sus responsables son informados regularmente de los avances de la investigación.

2. Si el proyecto ha dado lugar a otras colaboraciones o transferencias con entidades no académicas, descríbalas brevemente.

No aplicable

3. Si el proyecto ha dado lugar a colaboraciones con otros grupos de investigación, coméntelas brevemente.

- El muestreo de producción de bellotas (Tarea 2) en alcornoques previamente estudiados por el CIDE-CSIC (para tener una serie temporal más larga), se ha llevado a cabo junto en colaboración con investigadores de este centro (P. García-Fayos y M. Verdú).
- La recolección de bellotas en Montes de Toledo se llevó a cabo con la colaboración de investigadores del INIA y de la ETSIM de Madrid (Dr. Ricardo Alía, Dr. Luis Gil y colaboradores). Con estos investigadores y con otros colaboradores del proyecto CREOAK, hemos mantenido discusiones a lo largo de este año sobre los resultados obtenidos.

4. Si ha iniciado la participación en proyectos del Programa Marco de I+D de la UE y/o en otros programas internacionales en temáticas relacionadas con la de este proyecto, indique programa, tipo de participación y beneficios para el proyecto.

No aplicable

F. GASTOS REALIZADOS

1. Indique el total de gasto realizado en el proyecto hasta este momento:

	Total gasto de la anualidad (€)
Personal	14 169.29
Otros costes de ejecución	8 015.22
TOTAL GASTO REALIZADO	22 184.51

Describir brevemente el material inventariable adquirido, si procede:

No se ha adquirido material inventariable.

2. Comente brevemente si ha habido algún tipo de incidencia en este apartado, indicando si ha sido comunicada previamente y autorizada por esta Subdirección general.

Sin incidencias.