Nuevos materiales forestales de reproducción de *Quercus suber* L. seleccionados por producción de corcho y tolerancia a la enfermedad de "La Seca"

Cuenca, B. [1]

Luquero, L.[2], **Carbonero, D.** [3], **Pérez, F.**[3] , **Ocaña, L.**[4], **Santiago, R.**[5], **del Pozo, J.L.**[6], **Altolaguirre, L.**[1], **Ferreira, T.**[1]

1 TRAGSA, Vivero de Maceda, Ourense (bcuenca@tragsa.es)
2 TRAGSA. Subdirección de Innovación, Madrid.
3 MITECO, Madrid
4 COITF. Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Forestales
5 CICYTEX. Finca La Orden. Badajoz
6 Consejería de Gestión Forestal y Mundo Rural. Junta de Extremadura

Unión Europea
Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural
Europa invierte en las zonas rurales

GOBIERNO DE ESPAÑA
VICEPRESIDENCIA TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

PNDR Programa Nacional de Desarrollo Rural 2014-2020

RESUMEN

España es el segundo productor de corcho, después de Portugal, con un repunte en la producción desde el año 2020 (Anuario de Estadística forestal, MITECO 2023) por una demanda creciente de productos y políticas forestales sostenibles. Por otro lado, en las últimas décadas se ha incrementado la extensión e incidencia del síndrome de La Seca en la Península Ibérica. En el contexto actual de cambio climático, en la Península Ibérica se espera un aumento de sequía y un incremento en la torrencialidad de las precipitaciones, lo que aumenta la incidencia de estos fitopatógenos.

Como respuesta a este paradigma es necesario seleccionar nuevos materiales forestales de reproducción (MFR) más adaptados a las futuras condiciones climáticas, más tolerantes a enfermedades y plagas y lo más productivos posible. El RD 289/2003 establece que todos los materiales forestales comercializados deben estar inscritos en el Catálogo Nacional de Materiales de Base (CNMB), es necesaria por tanto la identificación y caracterización de nuevos MFR de alcornoque para producción de corcho de calidad y que presenten la mayor tolerancia posible frente a la enfermedad de la seca, para su propuesta al CNMB posibilitando su comercialización.

TRAGSA en colaboración con el Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico y la Junta de Extremadura, viene trabajando desde 2001 en la selección y evaluación de genotipos de alcornoque resilientes frente este tipo de amenazas. Este trabajo presenta las primeras accesiones que se presentarán al CNMB, como mezclas de clones de categoría cualificada.

SELECCIÓN DE FAMILIAS EN CAMPO

SEFEAL: Selección de madres con calidad de corcho buena, clonación y ensayo en campo

Proyecto **SE**lección de **FE**notipos de **AL**cornoque por calidad de corcho (**SEFEAL**):

- 105 progenitores seleccionados en 15 rodales selectos de 4 RP extremeñas con calidad buena (clases 1, 2, 4, 6 y 8).
- Clonación mediante embriogénesis somática de árboles adultos y de las progenies y crioconservación.
- Establecimiento de 3 ensayos de comportamiento y selección.
- Recuperación de genotipos seleccionados crioconservados.

Proyecto **RES**istencia a la **SECA** (**SEFEAL**):

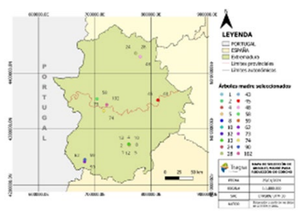
- 66 encinas y 9 alcornoques seleccionados en focos de seca.
- Ensayo de tolerancia en vivero: inoculación de 7500 brinzales con *Phytophthora cinnamomi (Pc).*
- Clonación de genotipos supervivientes.

RESSECA: Ensayo de vivero y clonación de genotipos supervivientes

CALIDAD DE CORCHO DE LAS MADRES

En verano de 2023 se estudia la calidad de visu *in situ* y se envían muestras al laboratorio del ICMC para estudiar la calidad de corcho con la simulación hasta el turno de 9 años (Sánchez-González, M. y col., 2023) variables de caracteres productivos de corcho, y el estado sanitario de los árboles.

Tras la caracterización del corcho realizada en el laboratorio, de los árboles seleccionados entre 2002 y 2006 por tener una calidad del corcho buena, 3 de los árboles (DI3B, DII4A y RZ2A), presentaron un índice IPROCOR Q=1.5, y por tanto fueron clasificados como Refugo, o de calidad de corcho baja, y son eliminadas de la selección. Además, se corroboró que el árbol CBZ3A estaba completamente muerto.



Ubicación de las madres del estudio de calidad de corcho

Tabla de calidad y variables de caracteres productivos para corcho

#	Finca	Árbol	código	calidad corcho en campo	calibre	clase industria	aspecto	clase IPROCOR	Q	alteraciones	color	año último descorche	edad corcho teórica	edad corcho escogido	calibre al final del turno	aspecto al final del turno	Clase industrial final turno	clase IPROCOR final turno	Índice Q final turno	calidad corcho definitiva
1	Disparatón I	1A	DI1A	buena	24	11 ↓	2	8	12	T	R	2023	9	9	24	2	11 ↓	8	12	buena
2	Disparatón I	2A	DI2A	buena	22	11 ↓	2	8	12	T	R	2023	9	9	22	2	11 ↓	8	12	buena
3	Disparatón I	3B	DI3B	buena	37	R	7	9	1,5	T, I, H, V, C	R	2023	9	9	37	7	R	9	1,5	baja
4	Disparatón I	4A	DI4A	buena	28	11-13 S* ↑	1	6	12,75	T,I	R	2023	9	9	28	1	11-13 S* ↑	6	12,75	buena
5	Disparatón II	2A	DII2A	buena	22	11 ↓	4	8	12	T, I, M	R	2017?	9	9	22	4	11 ↓	8	12	buena
6	Disparatón II	4A	DII4A	buena	20	R	7	9	1,5	T, I, M, E	O	2017?	9	9	20	7	R	9	1,5	baja
7	Disparatón II	6A	DII6A	buena	27	11-13 S* ↑	3	6	12,75	T, I, M	R	2017?	9	9	27	3	11-13 S* ↑	6	12,75	buena
8	Disparatón II	6B	DII6B	buena	27	11-13 S* ↑	3	6	12,75	T, M	R	2017?	9	9	27	3	11-13 S* ↑	6	12,75	buena
9	Santa Leocadia	3A	SL3A	buena	28	11-13 S* ↑	3	6	12,75	T, I, E	R	2022	9	9	28	3	11-13 S* ↑	6	12,75	buena
10	Antigua Dehesa Boyal	1A	OL1A	buena	35	15-19 S* ↑	2	4	19	T	R	2017	6	6	47	2	19 ↑	1	11	buena
11	Antigua Dehesa Boyal	2B	OL2B	buena	32	13-15 S* ↑	4	4	19	T, I, F	R	2017	6	6	42	4	19 ↑	1	11	buena
12	Coto Morales	4A	CM4A	buena	15	R	3	9	1,5	T, E, 8	R	2017	6	6	19	3	11 ↓	8	12	buena
13	Coto Morales	5A	CM5A	buena	28	11-13 S* ↑	3	6	12,75	T, I, M	R	2017	6	6	39	3	15-19 S* ↑	2	19,5	buena
14	La Carrascosa	3A	CS3A	buena	32	13-15 S* ↑	4	4	19	T, I, M	R	2015	8	8	35	4	15-19 S* ↑	2	19,5	buena
15	La Carretona	3A	CT3A	buena	20	11 ↓	3	8	12	T	R	2019	4	4	38	3	15-19 S* ↑	2	19,5	buena
16	La Ropera de Arriba	6B	RP6B	buena	36	15-19 S* ↑	4	2	19,5	T, I	R			8	40	4	15-19 S* ↑	2	19,5	buena
17	La Ropera de Arriba	7B	RP7B	buena	20	11 ↓	3	8	12	T, I	R			8	21	3	11 ↓	8	12	buena
18	Las Cabezas	3A	CB3A	-								2007?							-	
19	El Rozo	2A	RZ2A	buena	20	R	7	9	1,5	T, I, E, M	R	2023	10	10	20	7	R	9	1,5	baja
20	El Rozo	6A	RZ6A	buena	24	11 ↓	4	8	12	T, I, M	R	2023	10	10	24	4	11 ↓	8	12	buena

ENSAYOS Y SELECCIÓN DE GENOTIPOS EN CAMPO

Establecimiento de 3 parcelas de ensayo:

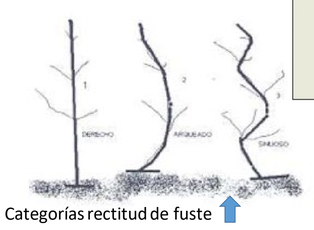
1. Finca La Herguijuela, Toril (Cáceres) (2005): 8 progenies somáticas (PS).
2. Vivero Rueda Chica, Pueblonuevo del Guadiana (Badajoz) (2007): 16 PS.
3. Centro Valdecañas, Pueblonuevo de Miramontes (Cáceres) (2010): 43 PS + 21 progenitores élite.

Ubicación parcelas de ensayo

Variables medidas:

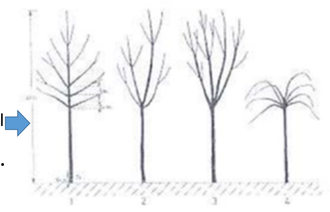
1. Variables de adaptación: supervivencia total en las parcelas de ensayo.
2. Variables de forma y pauta de crecimiento:

- Vigor: expresado con dos variables
  - **+ altura**
  - + diámetro del cuello de la raíz/diámetro normal
- Dominancia apical: se evaluó de tres formas diferentes:
  - + forma de la copa: cuatro categorías
  - **+ nº de ramas que compiten con el fuste**
  - + altura en la que está bifurcado el fuste
- Rectitud de fuste: se evaluó con dos variables:
  - + **rectitud de fuste**: 3 categorías: 1, recto; 2, arqueado, 3, sinuoso
  - + ángulo del eje principal con la vertical: 3 categorías: 1, 0º-15º; 2, 16º-45º; y 3, 46º-90º.



Categorías rectitud de fuste

Categorías de dominancia apical



Criterios comunes de selección:

1. Supervivencia superior o igual al 50% **(S%≥ 50)**.
2. **Índice agregado[1] superior o igual a 2,5** ($\sum índice \geq 2,5$).
3. **Ausencia de valores escasos (I>0,4)** en cualquiera de sus índices para las variables rectitud, altura y diámetro ➡ **66 genotipos de los 275 en ensayo**

	Rectitud		Altura		Diámetro		Selección rectitud
	Valor	Índice	Valor (cm)	Índice	Valor (mm)	Índice	
Antigua Deh. Boyal2B 125/06	1,40 ± 0,43	0,8571	329,20 ± 42,72	0,5943	106,40 ± 16,26	0,5481	x
Coto MoralesSA 230/06	1,40 ± 0,43	0,8571	339,00 ± 42,72	0,6141	133,20 ± 16,26	0,6930	x
Coto MoralesSA 240/06	1,50 ± 0,48	0,8214	307,75 ± 47,76	0,5510	125,75 ± 18,18	0,6527	x
Disparaton I3B 1398/03	1,50 ± 0,67	0,8214	445,00 ± 67,54	0,8283	150,00 ± 25,71	0,7838	x
Disparaton II6A 470/04	1,00 ± 0,67	1,0000	343,00 ± 67,54	0,6222	120,00 ± 25,71	0,6216	x
Disparaton II6B 566/04	1,50 ± 0,67	0,8214	383,50 ± 67,54	0,7040	122,50 ± 25,71	0,6351	x
Disparaton II6B 576/04	1,33 ± 0,55	0,8810	274,75 ± 47,76	0,4843	94,25 ± 18,18	0,4824	x
El Rozo 2A 1657/03	1,00 ± 0,39	1,0000	369,17 ± 39,00	0,6751	122,83 ± 14,84	0,6369	x
El Rozo 6A 140/04	1,50 ± 0,39	0,8214	274,17 ± 39,00	0,4832	87,33 ± 14,84	0,4450	x
Guijo del Fraile2A 792/06	1,50 ± 0,67	0,8214	293,50 ± 47,76	0,5222	81,25 ± 18,18	0,4122	x
Guijo del Fraile2A 832/06	1,00 ± 0,95	1,0000	288,33 ± 55,15	0,5118	100,00 ± 20,99	0,5135	x
Guijo del Fraile7A 1217/06	1,00 ± 0,67	1,0000	244,25 ± 47,76	0,4227	83,00 ± 18,18	0,4216	x
La Carretona3A 198/06	1,00 ± 0,95	1,0000	430,00 ± 95,52	0,7980	183,00 ± 36,36	0,9622	x
La Herguijuela 4A 13/03	1,50 ± 0,48	0,8214	370,80 ± 42,72	0,6784	120,00 ± 16,26	0,6216	x
La Ropera 1A 257/03	1,25 ± 0,48	0,9107	284,00 ± 47,76	0,5030	116,75 ± 18,18	0,6041	x
La Ropera 6B 296/03	1,00 ± 0,67	1,0000	322,25 ± 47,76	0,5803	131,25 ± 18,18	0,6824	x
La Ropera 6B 299/03	1,50 ± 0,48	0,8214	318,60 ± 42,72	0,5729	117,20 ± 16,26	0,6065	x
La Ropera 6B 310/03	1,50 ± 0,67	0,8214	284,67 ± 55,15	0,5044	129,00 ± 20,99	0,6703	x
La Ropera 6B 318/03	1,33 ± 0,55	0,8810	289,67 ± 55,15	0,5145	113,00 ± 20,99	0,5838	x
La Ropera 7B 763/02	1,50 ± 0,67	0,8214	342,50 ± 67,54	0,6212	117,50 ± 25,71	0,6081	x
Las Cabezas 3A 1738/03	1,00 ± 0,95	1,0000	530,00 ± 95,52	1,0000	155,00 ± 36,36	0,8108	x
Las Cabezas 9A 303/04	1,00 ± 0,55	1,0000	343,00 ± 55,15	0,6222	103,33 ± 20,99	0,5315	x

Tres selecciones independientes:

1. *Rectitud:* **Valores de rectitud entre 1-1,5**, que se corresponden con los árboles más rectos ➡ **22 genotipos de 16 familias diferentes**
2. *Crecimiento*: valores de índice superiores a ≥ 0.7 tanto para la variable altura como diámetro ➡ **7 genotipos de 5 familias diferentes**
3. *Tolerancia a Phytophthora cinnamoni:* inoculación de PC en sustrato y mortalidad inferior al 25% ➡ **3 genotipos de 3 familias diferentes**

	Rectitud		Altura		Diámetro		Selección crecimiento
	Valor	Índice	Valor (cm)	Índice	Valor (mm)	Índice	
Disparaton I3B 1398/03	1,50 ± 0,67	0,8214	445,00 ± 67,54	0,8283	150,00 ± 25,71	0,7838	x
Disparaton I3B 1413/03	2,25 ± 0,48	0,5536	394,50 ± 47,76	0,7263	137,50 ± 18,18	0,7162	x
Disparaton II2A plus07	1,78 ± 0,32	0,7222	403,67 ± 31,84	0,7448	162,78 ± 12,12	0,8529	x
El Rozo 2A 41/02	2,40 ± 0,43	0,5000	386,00 ± 42,72	0,7091	138,20 ± 16,26	0,7200	x
El Rozo 2A 1647/03	1,88 ± 0,34	0,6875	424,38 ± 33,77	0,7866	141,63 ± 12,86	0,7385	x
La Carretona3A 198/06	1,00 ± 0,95	1,0000	430,00 ± 95,52	0,7980	183,00 ± 36,36	0,9622	x
Las Cabezas 3A 1738/03	1,00 ± 0,95	1,0000	530,00 ± 95,52	1,0000	155,00 ± 36,36	0,8108	x

Ver apartado evaluación de tolerancia

[1] El **Índice agregado** es el resultado de la suma del índice asociado a cada variable. El **Índice de cada variable** se calcula asignando 1 al genotipo con el valor más alto para esa variable, y 0 al genotipo con el valor más bajo. El resto de los genotipos tendrán un valor entre 0 y 1 proporcional al valor real. Genotipos con un índice asociado < 0,4 se consideran con valor escaso; entre 0,4 y 0m7 con valor intermedio; y con un índice > 0,7 con valor alto (Criterios orientadores Documento técnico del Procedimiento de Admisión de MB para la Producción de MFR Género *Castanea sativa*, Fdez-López y Miranda-Fontaíña, 2007)

ENSAYOS DE CONFIRMACIÓN DE TOLERANCIA

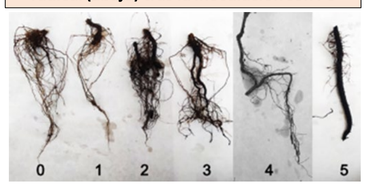
MATERIALES:

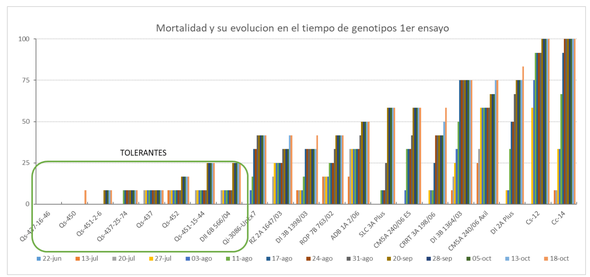
a) SEFEAL: genotipos seleccionados en los ensayos de campo por rectitud o crecimiento. Las líneas embriogénicas seleccionadas se descongelaron para su producción in vitro.

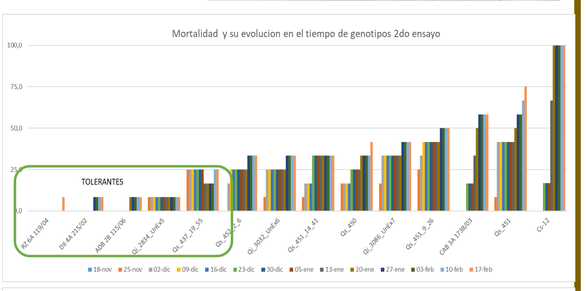
b) RESSECA: brinzales supervivientes a 2 campañas de inoculación con Pc y sequía. Los brinzales se establecieron in vitro para producción in vitro.

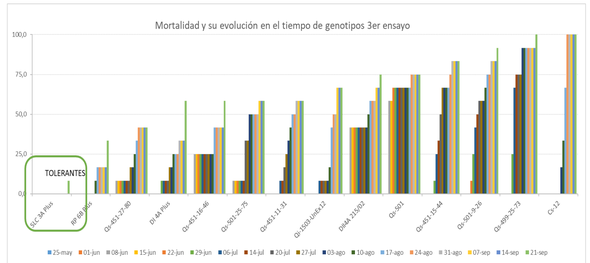
METODOLOGÍA: 12 copias clonales de genotipos seleccionados en SEFEAL o RESSECA en macetas de 2L + control sensible (*Castanea sativa*) + control tolerante (*Quercus faginea*) se inoculan con una cepa virulenta de Pc (Jung et al., 1996) y se anotaron la progresión de los síntomas durante 100 d. La variable considerada ha sido "mortalidad" y "días transcurridos a la muerte"

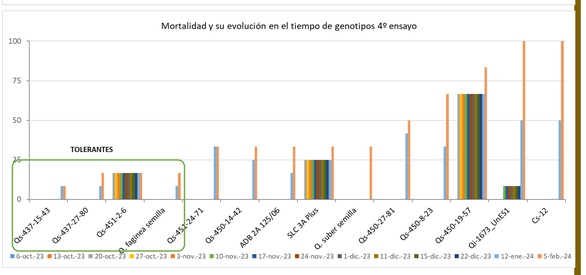
Nivel de daño en parte aérea (arriba) y radical (abajo) tras la inoculación con Pc

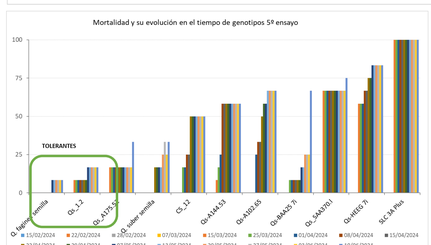


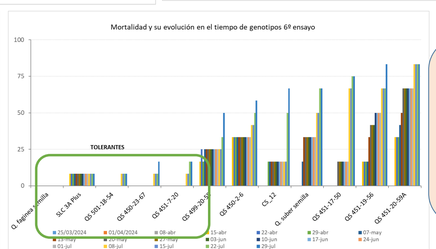


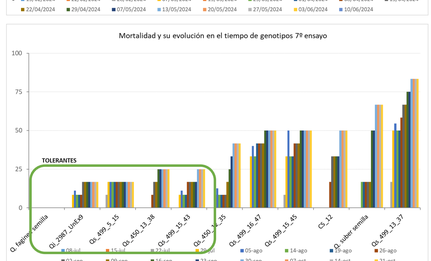












Criterios de tolerancia:

- Mortalidad < 25%
- Repetitividad de resultados
- Controles con resultados coherentes

- Se han realizado 7 ensayos de evaluación de tolerancia hasta el momento, y hay un Ensayo nº 8 en curso.
- Se han evaluado 72 genotipos: 18 de SEFEAL, 41 de RESSECA y 13 de otros programas.
- 5 genotipos de SEFEAL y 18 de RESSECA cumplen os requisitos de tolerancia. También se selecciona 1 alcornoque de la UHU y 2 encinas de la UEx
- Se realizará un último ensayo con los genotipos preseleccionados para determinar el ranking de tolerancia.

CONCLUSIONES

LOS GENOTIPOS SON IDENTIFICABLES INEQUÍVOCAMENTE MEDIANTE UNA BATERIA DE 90 SNPs

SELECCIÓN POR TOLERANCIA A Pc: no se consideran valores de crecimiento o calidad de corcho, pero descartamos los que no tienen aptitud a micropropagación :

- 5 genotipos de SEFEAL de 5 familias distintas
- 18 genotipos de RESSECA de 6 familias distintas

SELECCIÓN POR PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE CORCHO: se descartan los hijos de madres con baja calidad de corcho y los genotipos sin aptitud a micropropagación:

- **12 genotipos por rectitud y 4 por crecimiento,** de 11 familias diferentes (sin tolerancia)
- **3 genotipos por tolerancia** de 3 familias diferentes (crec. indiferente)

V CONGRESO IBÉRICO #DehesaMontado

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por convocatorias públicas de proyectos (Proyecto P4 2001-2005; Proyecto CIT 2006-2009; Proyecto de la D.G. de Promoción Empresarial e Industrial de la Junta de Extremadura 2006-2007) y por el Programa Nacional de Mejora y Conservación de los Recursos Genéticos de Encina y Alcornoques frente al Síndrome de la Seca (2019-2024) con financiación FEADER.