# Nuevo dispositivo de medida de vitalidad de los tejidos vivos bajo la corteza de los árboles

## Aplicaciones en la toma de decisiones para la restauración postincendio en masas de *Quercus suber L.*

**Javier Madrigal, Clara Esteban, Verónica León, Mariola Sánchez-González**
incendio@inia.csic.es

La corteza de los árboles es un tejido que permite a las plantas protegerse de diferentes perturbaciones que ocurren en su ambiente, entre las que se encuentra el fuego. En la evaluación de los daños producidos por los incendios es frecuente encontrar árboles en los que el fuego no ha afectado a las copas de los árboles pero que finalmente terminan muriendo. Su supervivencia depende, en gran medida, de la afectación de los tejidos que forman el tronco, siendo determinante el balance de recursos entre la afectación de las copas y la de los tejidos vivos bajo corteza: el cambium, el leño, el líber y el felógeno. La mayoría de las especies del género *Quercus* poseen cortezas delgadas ya que no están adaptadas a resistir al fuego sino a persistir a través de su rebrote de raíz o en la base del tronco. Existe, sin embargo, el caso paradigmático del alcornoque (*Quercus suber* L.), una especie con una corteza suberosa muy gruesa y resistente al fuego que se aprovecha históricamente en el Mediterráneo, fundamentalmente en su uso como tapón de vino. Esta corteza protege tanto al tronco como a las ramas durante el fuego, manteniendo los tejidos vivos internamente a ella, para cerrar heridas y reparar los tejidos afectados, y proteger las yemas epicórmicas que permitirán recuperar la biomasa de la copa en los años siguientes al incendio.

El felógeno o cambium suberoso, denominado popularmente como la capa madre es el que permite la formación de una nueva corteza. La estimación de la supervivencia de la capa madre tras un incendio es fundamental porque es la encargada de producir corcho de nuevo en los árboles supervivientes, tiene implicaciones económicas de alto impacto en la toma de decisiones tras incendios forestales, y por tanto su conocimiento es de alto valor en ingeniería forestal para planificar y priorizar las actuaciones de emergencia tras los incendios, la saca de madera quemada, y la restauración posterior de la masa forestal (**Hernando Lara et al. 2017**). Por tanto, la muerte del felógeno tiene fuertes implicaciones en la resiliencia de estas masas en los nuevos regímenes de incendios que se esperan más intensos y severos (**Dupuy et al. 2020**).

Un nuevo dispositivo registrado como modelo de utilidad por el ICIFOR-INIA (CSIC) y la UPM (**Madrigal et al. 2022**) permite detectar la presencia de tejidos vivos, dañados y muertos bajo la corteza, y por tanto ser utilizado en la toma de decisiones en ingeniería forestal tras incendios o fuegos prescritos.

### Evaluación operativa del dispositivo en Incendios de alcornocal en fincas privadas

En el contexto del proyecto FUTURECORK, financiado por la Fundación Biodiversidad, se ha realizado un testado operativo en masas de alcornocal afectado por dos incendios de la provincia de Cáceres: Pasarón de la Vera (1 año postincendio) y Casas de Miravete (3 años postincendio) (Figura 1). El objetivo fue evaluar con el modelo de utilidad la afectación del ritidoma o capa madre que le permitirá generar corcho en el siguiente turno y protegerse ante nuevos incendios (Figura 2), lo que ayudará al propietario definir la producción futura de su finca.

Figura 1 (a y b). Vista general del incendio de Pasarón de la Vera y Casas de Miravete (Cáceres, España) en los que se efectuó el testado operativo del resistógrafo modelo de utilidad INIA-UPM. Autor Javier Madrigal.

Figura 2 (a y b). Detalle de daño por fuego en capa madre en Q. suber, en incendio de alta severidad de Pasarón de la Vera, Cáceres, España, y evaluación del daño en capa madre con resistógrafo. Autora: María de la O Sánchez González.

*El espesor de corcho de más de 2 cm garantiza una protección adecuada de los tejidos vivos y de la capa madre durante el fuego.*

Se estableció el criterio que, si hay más del 75% de la capa madre afectada y tiene espesor de corcho menor de 2 cm de, se podría plantear la corta del ejemplar, aunque aparentemente el árbol esté vivo, considerando que no va a ofrecer al propietario aprovechamiento de corcho en el futuro. **Lara et al. (2025)** establecieron que este espesor limita la supervivencia de tejidos vivos bajo corteza en caso de fuegos severos, con lo que ese ejemplar sería muy vulnerable a un nuevo incendio. La corta adecuada del árbol, acompañada de tratamientos complementarios como una "roza entre dos tierras" que active las yemas de la base del tronco, abriría la posibilidad de que el ejemplar cortado rebrote con lo que se podría disponer de un nuevo ejemplar para entrar en producción (bornizo) en los próximos 20-30 años.

Para obtener este dato se ha usado el dispositivo en, al menos, 4 puntos de la circunferencia del tronco correspondiente a la altura del diámetro normal (1,30 m), recogiendo la respuesta de resistencia eléctrica: si existe resistencia al paso de la corriente (medida en Ohmios Ω) se considera que el tejido está muerto y si no es así la resistencia tiende a cero y se considera que el tejido está vivo (Figura 3).

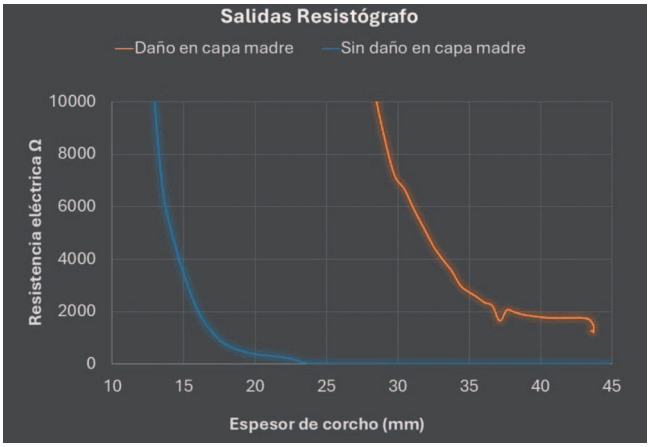


Figura 3. Medición obtenida en el resistógrafo modelo de utilidad INIA-UPM para dos sectores del mismo ejemplar de alcornoque afectado por fuego de alta severidad en el incendio de Pasarón de la Vera (1 año postincendio), mostrando en azul un punto sin daño (resistencia eléctrica nula) y en naranja otro punto con daño en la capa madre (resistencia eléctrica de aproximadamente 2000 Ω).

*Los primeros años tras el descorche es imprescindible realizar tratamientos preventivos para garantizar la producción futura.*

## Resultados y aplicaciones prácticas del testado operativo

Mediante la realización de un transecto en cada sitio de incendio se muestrearon un total de 50 árboles (Valores promedios: H=12,7 m; Hcopa=3,4 m; DBH=48,6 cm; Espesor corteza =20,1 mm) de los cuales el 80% de los pies tenía más del 70% de la copa afectada y el 47% del total aún no tenía rebrotes de las yemas epicórmicas en la copa. Se evaluó también la severidad del suelo en el entorno de los árboles siguiendo la metodología de estimación visual propuesta por **Vega et al. (2013)** . En un 25 % de los árboles (N=50) se observó una severidad del suelo mayor de 4 según la mencionada escala, que supone un daño importante al suelo orgánico con riesgo de erosión del suelo mineral. En el resto la severidad en el suelo fue moderada o baja.

*El resistógrafo patentado permite medir la vitalidad de tejidos bajo la corteza y tomar decisiones silvícolas postincendio más precisas.*

Los resultados de las 210 mediciones realizadas con resistógrafo mostraron que solo 4 de los árboles muestreados (8%) tenían el 75% o superior porcentaje de capa madre afectada. El 16% tuvo entre el 40-50% de la capa madre afectada, el 32% tuvo entre un 20-25% y en el resto (44%), no se detectó daño en los tejidos vivos bajo el corcho. Los grados de carbonización del espesor de corcho observados en la mayoría de mediciones mostraron un espesor medio observado de 2,1 cm, cuando la masa sin quemar supera los 4 cm medios de espesor del corcho (aproximadamente 50% de carbonización del corcho). Estos consumos se observaron en pruebas de laboratorio cuando se sometieron las muestras a radiación de alta intensidad (25-50 kW/m$^2$) y forzando la combustión con llama (**Dehane et al. 2015**), lo que probablemente ocurrió durante el incendio. No existió una relación significativa entre el porcentaje de afectación de la capa madre y el resto de las variables medidas en campo, lo que mostraría la dificultad de predecir este proceso sin una medición *in situ* postincendio.

Estos resultados ratifican de nuevo la elevada resistencia al fuego de esta especie, siempre que tenga suficiente espesor de corcho en el momento del incendio y su potencial vulnerabilidad si los ejemplares al menos no han alcanzado los 2 cm de espesor tras el descorche (**Lara et al. 2025**). Estos espesores se alcanzan en diferentes momentos del turno según localidad, calidad de estación y árbol, pero es frecuente que al menos haga falta la mitad del turno (entre 5-6 años) tras el descorche. Durante esos años estas masas serían muy vulnerables a grandes incendios y sería prioritario el establecimiento de programas de desbroces o quemas prescritas bajo arbolado, para minimizar el contacto de la llama con el corcho en caso de incendio que podría comprometer la vida del árbol o, al menos, la capa madre que permita producir corcho en el futuro.

En el proyecto FUTURECORK se están evaluando los efectos de las quemas prescritas en las características organolépticas del corcho para conocer si esta técnica es compatible con la producción de corcho para tapón de vino. En su caso, el uso del dispositivo que describimos podría garantizar la evaluación de daños a la capa madre tras la ejecución de quemas prescritas que, podrían ser interés para la gestión de las masas de bornizo antes de entrar en producción. El uso de este dispositivo tras incendios ha mostrado su eficacia que puede ayudar en la toma de decisiones silvícolas, como el apeo de ejemplares aparentemente supervivientes pero que no van a generar un corcho de interés comercial en el futuro. Este tipo de dudas también existen en las masas de pinar con lo que se considera que este dispositivo también podría ayudar a la toma de decisiones en la saca de madera postincendio.

## Agradecimientos

Esta publicación es parte del proyecto FUTURECORK Proyecto Transformador para la promoción de la bioeconomía en el sector corchero que cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), financiado por la Unión Europea - NextGenerationEU.

Agradecemos el apoyo de los servicios técnicos de la Junta de Extremadura y especialmente a los agentes forestales de Cáceres que apoyaron en la toma de datos y localización de áreas de estudio.

Javier Madrigal. Doctor Ingeniero de Montes. Coordinador de Riesgos Forestales del CSIC y Profesor Asociado de la Universidad Politécnica de Madrid. Instituto de Ciencias Forestales, ICIFOR-INIA (CSIC), Madrid y ETSI Montes, UPM, Madrid España. Es Co-Editor de la revista científica "Forest Systems" y Adjunto a la Dirección de la Revista Montes.