



El pistacho: avances y retos

A. ARBELOA, E. GARCÍA, M.P. LORENTE, P. ANDREU, J.A. MARÍN

Estación Experimental de Aula Dei – CSIC. Zaragoza.

RESUMEN

En la última década hemos presenciado un cambio muy acelerado en el cultivo de pistacho en España: superficie, material vegetal, cultivo ecológico, aparición de inversiones por grandes capitales, etc. España, con más de un 1% de la producción mundial, puede tener un nicho: producir un pistacho de calidad y ecológico. En este trabajo repasamos los avances realizados en el cultivo y lo aportado desde nuestro grupo de investigación respecto a dos temas importantes: el injerto y la micropropagación de portainjertos clonales selectos. Por último, analizamos algunos de los retos a los que se enfrenta el cultivo en la actualidad: la aparición de plagas y enfermedades por la mayor superficie plantada, la falta de una certificación de la planta producida, la distorsión del mercado local por la aparición de macroplantaciones de 1.000 ha o más o la desaparición de equipos de investigación que ya no darán apoyo a los agricultores.

Palabras clave: Injerto, Portainjertos, Micropropagación, Pistacho ecológico, Calidad de fruto.

ABSTRACT

The pistachio tree: advances and challenges. In the last decade we have witnessed a very rapid change in the cultivation of pistachio in Spain: area, plant material, organic cultivation, the appearance of investments by large capitals, etc. Spain, with more than 1% of world production, may have a niche: producing a quality and organic pistachio. In this paper we review the advances made in cultivation and the contributions from our research group regarding two important topics: grafting and micropropagation of select clonal rootstocks. Finally, we analyze some of the challenges that the crop currently faces: the appearance of pests and diseases due to the greater planted area, the lack of certification of the plant produced, the distortion of the local market due to the appearance of macro-plantations of 1,000 ha or more or the disappearance of research teams that will no longer support farmers.

Key words: Graft, Rootstock, Micropropagation, Organic pistachio, Fruit quality.

Avances

El pistacho en España se ha enfrentado en los últimos 15 años a importantes retos que limitaban su expansión, a pesar del gran interés en un cultivo que se hizo atractivo por los precios que alcanzaba en el mercado y por la estabilidad de los mismos frente a las variaciones de otros frutos secos, principalmente la almendra.

Las limitaciones del cultivo se debían, en primer lugar, al desconocimiento del cultivo fuera de la zona de Castilla La Mancha y norte de Andalucía. La labor divulgadora del Dr. Couceiro y su equipo desde el El Centro de Investigación Agroambiental “El Chaparrillo”, en Ciudad Real, que culminó con la publicación de su libro “El cultivo del pistacho” en 2013 (2ª edición en 2017), palió en parte ese desconocimiento. En segundo lugar, había una escasez de plantas de vivero para establecer nuevas plantaciones por las dificultades técnicas de su propagación.

La evolución del cultivo del pistacho en España, según los datos del MAPA publicados hasta 2019 (MAPA, 2023), muestra un incremento continuado y exponencial (Figura 1) que según Cou-

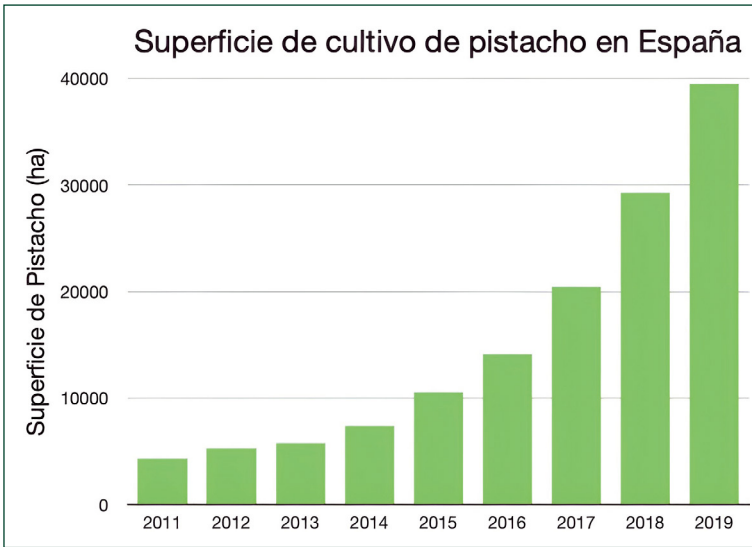


Figura 1. Evolución de la superficie de pistacho en España (elaboración propia a partir de datos del MAPA).

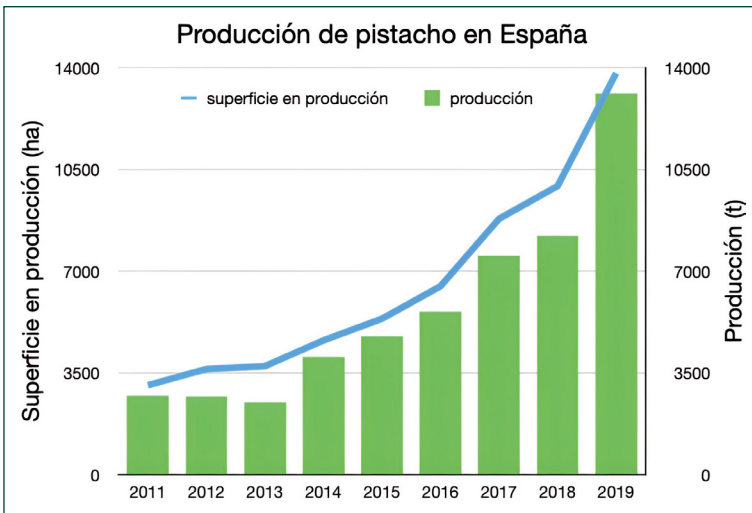


Figura 2. Evolución de la producción de pistacho (t) y de la superficie en producción (ha) en España (elaboración propia a partir de datos del MAPA).

ceiro alcanzó en 2022 las 70.000 hectáreas (ha) (ANSEDE, 2022) y que equivale a que uno de cada 700 kilómetros cuadrados de la superficie española ya esté cubierto por este cultivo. La superficie de cultivo en regadío se aproxima al 30% y casi la mitad de la superficie en cultivo se dedica al cultivo ecológico.

De esta superficie, el 35% estaba en producción en 2019 y su rendimiento se aproxima a los 1.000 kg /ha según los datos del MAPA (2023) (Figura 2) alcanzando las 13.815 ha con una producción de 13.106 t.

La producción, aunque es una cantidad importante para un país que apenas dedicaba superficie a este cultivo hace dos décadas, está por debajo de su potencial: en regadío, de los 2.000–2.500 kg/ha potenciales se produjeron 1.444 kg/ha en 2019 y, en secano, de 1.000–1.500 kg/ha potenciales se obtuvieron 685 kg/ha. Esta situación puede deberse a dos causas no excluyentes como son la juventud de muchos cultivos que no alcanzan todavía su máxima producción, y el deficiente manejo que pueden recibir los árboles por desconocimiento o por ahorrar en costes de

abonado, protección de cultivos, poda y personal especializado. Lamentablemente no se dispone de datos que aporten información sobre la calidad del pistacho producido y su calibre, ni de las variedades plantadas, que hasta hace pocos años era básicamente la variedad 'Kerman'.

Debemos poner la producción española en el debido marco mundial. Según STATISTA (2023) la producción mundial tiene un incremento continuado que alcanzó en 2022 las 795.000 t, partiendo en 2009 de 350.000 t. Nuestra producción no alcanza el 2% de la producción mundial y eso plantea que el nicho que debe buscar nuestro pistacho no debe ser la cantidad, que nunca podrá competir con los países más productores, sino la calidad: ofrecer un pistacho con las mejores calidades organolépticas, ecológico y atractivo a la vista (calibre, blancura, frutos abiertos).

Pero hay que destacar otro avance importante y es el incremento continuado en el consumo del pistacho en España, que pasó de una

situación estancada en los años 2013–2015 con 4.800 t de pistachos consumidos a un incremento constante a partir de esos años, que en 2022 se situaba en las 10.000 t (STATISTA, 2023; MAPA, 2022). Esta mayor aceptación del pistacho por la sociedad española es fruto de la mayor información sobre las propiedades beneficiosas del producto que periódicamente aparecen en los medios de comunicación y a la diversificación de su presentación, no solo como "snacks", sino en postres, helados y dulces, como el tradicional turrón. El mismo libro de Couceiro y su equipo recoge una gran variedad de recetas tradicionales con pistachos (COUCEIRO *et al.*, 2013).

La aportación de la Estación Experimental de Aula Dei (CSIC)

Este nuevo interés hacia el cultivo originó numerosas consultas a los centros de investigación agraria, como ocurrió en la Estación Experimental de Aula Dei–CSIC (EEAD), donde atendimos a agricultores y viveristas interesados en el tema.

Ofrecemos soluciones integrales alrededor del pistacho

 Planta injertada

 Fruto

 Consultoría

 Inversiones

 Ingeniería

 Servicios

926 62 29 52

www.iberopistacho.com

administracion@iberopistacho.com



El análisis que realizamos entonces destacó dos problemas importantes a los que dedicamos nuestro trabajo: la reducida oferta de plantas de vivero disponibles debido a la dificultad de la propagación del pistacho y la falta de personal técnico especializado en su cultivo. Las variedades de pistacho se injertaban en patrones de semilla, principalmente de cornicabra (*Pistacia terebinthus*) y más adelante en el patrón híbrido UCBI (*P. atlantica* x *P. integerrima*) obtenido en la Universidad de Berkeley (California, EE. UU.) que era más vigoroso, más fácil de injertar y resistente a una importante enfermedad del suelo causada por *Verticillium*. Además de la escasez de plantas para injertar, las plantas de semilla presentan una notable variabilidad, por lo que las plantaciones mostraban falta de uniformidad. Era necesario, por una parte, obtener patrones clonales selectos que presenten las mejores aptitudes de comportamiento en campo. Por otra, mejorar la eficacia del injerto, que en ocasiones requería de sucesivas operaciones de reinjerto y causaba retrasos en el establecimiento de la plantación.

Dos proyectos de investigación del Plan Nacional, durante el periodo 2011–2017, nos facilitaron la financiación necesaria para estudiar y obtener protocolos eficaces de propagación y de injerto utilizando técnicas de cultivo de tejidos in vitro: la micropropagación y el microinjerto. Un estudio de los pros y contras de la micropropagación de pistacho fue publicado por el grupo de investigación en esta misma revista anteriormente (ARBELOA *et al.*, 2018). Nuestras soluciones a los dos problemas más importantes que presentaba la propagación del pistacho consistieron en una importante reducción de la necrosis apical durante la micropropagación y en la obtención de un protocolo de injerto eficaz y rápido mediante el microinjerto.

Necrosis apical de brotes micropropagados

Identificamos que el principal problema para la micropropagación del pistacho era la necrosis apical. Habían sido publicados diferentes métodos de micropropagación, que experimentamos, pero que no dieron resultados comer-

cialmente aceptables, principalmente por la aparición de una necrosis apical en los brotes micropropagados que los hacían inservibles. Encontramos los factores de cultivo que afectaban a esta necrosis apical (GARCÍA *et al.*, 2011), siendo el medio DKW (DRIVER y KUNUYUKI, 1984) el más adecuado por la mayor concentración de calcio, pero la reducción de la necrosis no era suficientemente satisfactoria. La disponibilidad en el mercado de nuevas citoquininas, como la meta-Topolina permitió obtener nuevos medios de cultivo más eficaces al reducir la necrosis apical a niveles compatibles con la aplicación comercial de la micropropagación (MARÍN *et al.*, 2016, 2017).

La instalación de iluminación LED en nuestra cámara de cultivo posibilitó el estudio del efecto de diferentes espectros de luz blanca (blanca fría de 6.000°K, neutra 4.000°K, o cálida 3.000°K) en el cultivo *in vitro* de patrones de pistacho UCBI y *P. atlantica* y compararlas con la iluminación estándar (fluorescentes *cool-white*), ajustando la intensidad a 35 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de iluminación PAR. Los cultivos de UCBI se iniciaron con veinte ápices de brotes (5 ápices/frasco y 4 frascos/tratamiento) y todos los brotes obtenidos se mantuvieron en cada subcultivo, realizado cada tres semanas. Al final del subcultivo 3 se registró el número de brotes ($n=898$) y el número de brotes con ápices necróticos. Los cultivos de *P. atlantica* se iniciaron con diez ápices de brotes (5 ápices/frasco y 2 frascos/tratamiento) y todos los brotes obtenidos se mantuvieron en cada subcultivo, realizado cada tres semanas. Al final del subcultivo 3 se registró el número de brotes ($n=214$) y el número de brotes con ápices necróticos. Los resultados mostraron un efecto importante de la calidad de luz en la aparición de necrosis apical, siendo la luz blanca fría la que menos porcentaje de necrosis inducía, tanto en UCBI (Figura 3), como en *P. atlantica* (Figura 4) y mejorando notablemente a la iluminación estándar. Además, proporcionó brotes de mejor calidad y crecimiento, con más aptitud para ser enraizados y trasplantados a maceta. La iluminación LED permitió una micropropagación más eficaz del pistacho mediante el estudio del efecto del es-

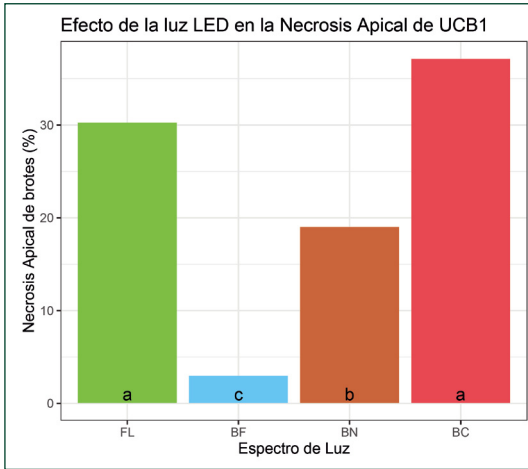


Figura 3. Efecto de la iluminación LED blanca sobre la aparición de necrosis apical en brotes micropropagados de UCB1, tomando como control la iluminación estándar fluorescente “cool-white”. FL: luz fluorescente; BF: luz LED blanca fría; BN: luz LED blanca neutra; BC: luz LED blanca cálida. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$).

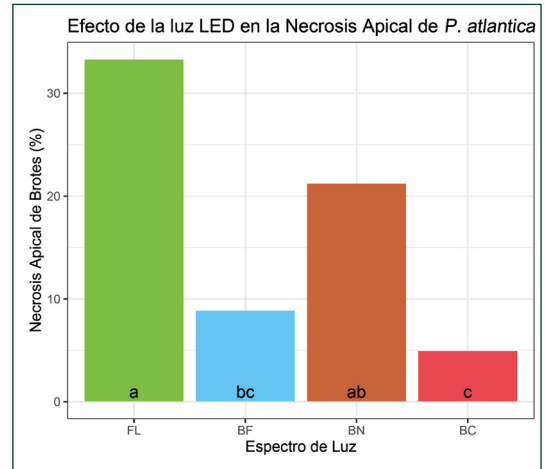


Figura 4. Efecto de la iluminación LED blanca sobre la aparición de necrosis apical en brotes micropropagados de *P. atlantica*, tomando como control la iluminación estándar fluorescente “cool-white”. FL: luz fluorescente; BF: luz LED blanca fría; BN: luz LED blanca neutra; BC: luz LED blanca cálida. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$).

pectro luminoso, además de suponer un ahorro importante en la energía consumida (GARCÍA *et al.*, 2021).

Microinjerto de ápices de brotes cultivados ‘in vitro’

El injerto de pistacho mostraba resultados claramente mejorables, ya que exigía frecuentemente reinjertos sucesivos debido a los numerosos fallos obtenidos. El problema era complejo ya que, aparte del estado adecuado del patrón y de la calidad de la yema a injertar, entraban factores fuera del control del agricultor o viverista, como el clima y la diferencia de temperaturas día-noche (COUCEIRO *et al.*, 2013). Estudios histológicos iniciales nos mostraron que el contacto entre los tejidos de la yema injertada y el patrón se establecían inmediatamente, permitiendo el paso de agua y nutrientes y el desarrollo de nuevos tejidos que dieron lugar a vasos conductores a las pocas semanas (GARCÍA *et al.*, 2012), indicando que no parecía ser un problema de incompatibilidad de injerto, que es un tema sin estudiar en pistacho. Además, las yemas de pistacho a injertar tienen un tama-

ño relativamente grande, lo que exige esperar a que el portainjerto alcance un grosor suficiente para la operación del injerto (mayor a 10 mm). Esto demora la obtención de planta, sobre todo en el caso del patrón cornicabra, ya que es menos vigoroso que el híbrido UCB1. Por esta razón comenzamos los estudios de microinjerto en los que ápices de brotes de las variedades a injertar se obtenían en cultivo *in vitro* mediante micropropagación y se injertaban directamente sobre patrones de semilla, como en el caso de cornicabra, con pocas semanas de crecimiento, o en patrones de UCB1 micropropagados y enraizados en maceta, de manera que los diámetros de ambos, variedad y patrón, fueran similares (unos 2 mm). Las ventajas de este método eran varias: el proceso se realiza en las condiciones controladas de la cámara de cultivo de plantas y en el invernadero, con gran nivel de protección frente a plagas y enfermedades; los patrones a injertar son de pequeño tamaño, favoreciendo su manipulación y permitiendo un mayor número de plantas injertadas en menor superficie; el éxito del injerto, que alcanzaba inicialmente valores superiores al 60–70% (actual-

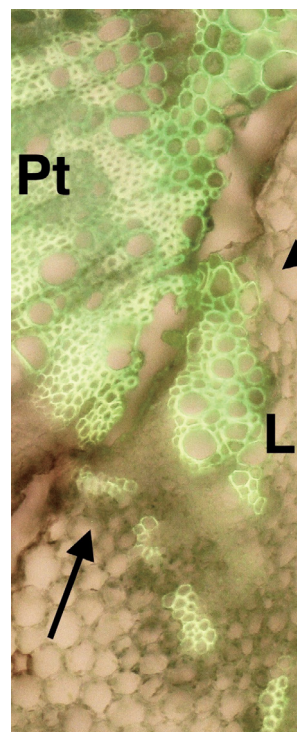
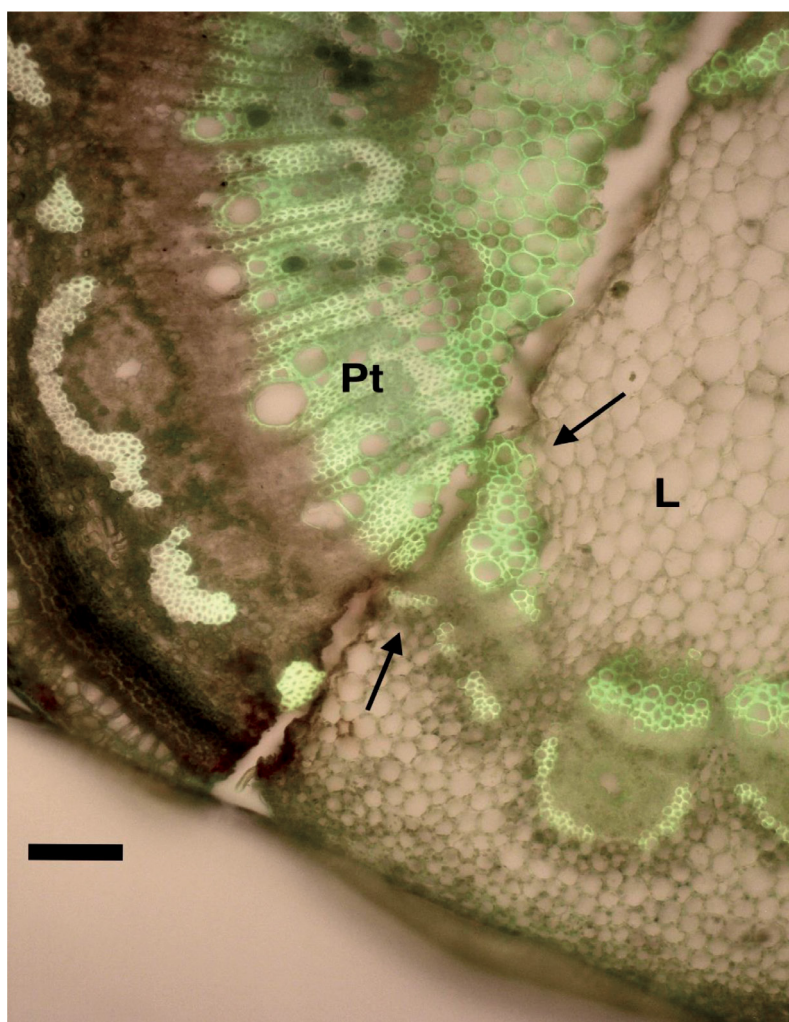


Figura 5. Sección transversal del microinjerto de pistacho 'Larnaka' (L) sobre patrón cornicabra (Pt) tras el primer día de injerto y detalle (dcha.) de la zona inicial de contacto (flechas). Barra=100 μ m.

mente se acerca al 100%), se detectaba a los pocos días, permitiendo eliminar precozmente los injertos fallidos (MARÍN *et al.*, 2016, 2017); el crecimiento del ápice injertado comenzaba inmediatamente después del injerto, bajo las condiciones adecuadas de un invernadero, obteniendo plantones aptos para su comercialización en pocos meses. El estudio histológico detallado reveló que la unión entre el patrón y la variedad injertada comenzó inmediatamente. En la *Figura 5* se observa que un día después del injerto de la variedad 'Larnaka', injertada sobre el patrón cornicabra con este método del microinjerto, ya se observa contacto entre variedad y pa-

trón que permitió el paso de agua y nutrientes hacia la variedad, manteniendo su turgencia y su actividad. El contacto se producía en la zona de los vasos conductores, donde el cambium comenzó una activa división celular que dio lugar a la unión perfecta de los dos individuos, como observamos en la *Figura 6*, siete semanas después del injerto. La *Figura 7* muestra una planta de la variedad 'Sirora' microinjertada sobre UCBl micropropagado 80 días tras el injerto, con buen desarrollo y una unión variedad-patrón perfecta.

Estas técnicas originaron diversos "know how" tanto de micropropagación de patrones

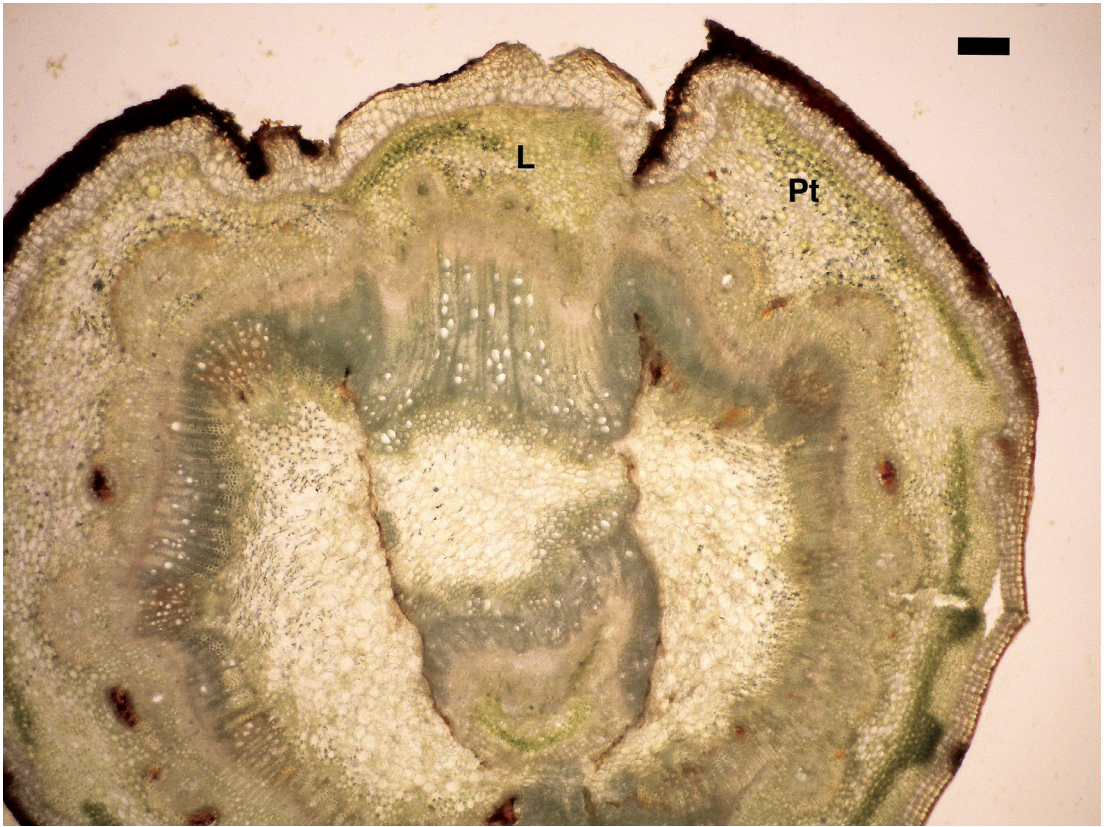


Figura 6. Sección transversal del microinjerto de pistacho 'Larnaka' (L) sobre patrón cornicabra (Pt) tras siete semanas de injerto mostrando la perfecta unión de los tejidos de la variedad y el patrón. Barra=100 µm.

como de microinjertos que el CSIC puso a disposición de los viveristas interesados y que dio lugar a varias licencias de explotación, estando actualmente en procesos de escalado comercial. La técnica puede realizarse con diferentes variedades cultivadas *in vitro* en la EEAD: 'Kerman', 'Larnaka' y 'Sirora', entre otras. Los patrones disponibles son UCBI, *P. atlantica* y cornicabra.

Formación

En Aragón, el cultivo del pistacho ha llevado un retraso respecto a otras regiones, no existiendo, hace 5 años, más que unas pocas plantaciones testimoniales. Pero se veía un gran interés y desconocimiento del cultivo, por lo que organizamos diversos actos de formación y divulgación del cultivo mediante una colabo-

ración EEAD-CSIC-Ibercide (Obra social de Ibercaja) en 2017 y 2018 con un doble objetivo: la formación de los agricultores y su puesta en contacto para fomentar su organización como asociación de pistacheros. De ahí surgió APIS-TAR, la asociación de pistacheros de Aragón, que cinco años después cuenta con unos 100 socios productores de pistacho y que reúnen aproximadamente la mitad de las 1.000 ha que han sido plantadas en esta comunidad autónoma en estos últimos cinco años. Esta asociación mantiene una gran actividad formadora, con sucesivos cursos, y también investigadora, desarrollando un proyecto del Plan de Desarrollo Rural del Gobierno de Aragón y la Unión Europea, ("Caracterización ambiental y edáfica del territorio aragonés para el cultivo del pistacho: PISTARA"; <https://pistara.es>) en el que colabora-



Figura 7. Mini-injerto de la variedad 'Sitora' sobre UCB1 80 días tras el injerto, mostrando una unión perfecta. El patrón UCB1 mantiene todavía las hojas características. Arriba, se muestra un detalle de la unión, resaltando la diferencia de diámetros de la variedad y el patrón.

mos como Centro de Investigación. Este proyecto está reuniendo una valiosa información de los diferentes microclimas que tienen 40 parcelas diseminadas por el territorio y plantadas con diferentes variedades de pistacho para determinar, mediante mapas, diferentes objetivos: la idoneidad del cultivo, las variedades más adecuadas a cada zona y la realización de un mapa climático que muestre los índices más relevantes para el cultivo: las horas frío y las unidades de calor, así como la humedad relativa, las características edáficas, las fechas de floración y maduración, la exposición a precipitaciones y la incidencia de plagas y enfermedades.

Retos

El Dr. Couceiro enumeró los ocho retos que a su juicio deben ser tenidos en cuenta por el sector productor y la industria del pistacho en *El Economista-Agronoticias* (PALOMO, 2018) cuya lectura es muy aconsejable; en resumen: establecer las plantaciones en las zonas más adecuadas tanto en clima como en suelo; mayor control sobre el material vegetal que nos venden teniendo una certificación de que lo que compramos es lo que pedimos; apostar por la producción ecológica, "España es uno de los países con mayor proyección para este sistema debido a que tiene una climatología perfecta, a lo

que hay que unir que la demanda de productos ecológicos no para de crecer”; máxima prioridad a la calidad; estimular el consumo debido a sus virtudes saludables en la prevención de las enfermedades cardiovasculares y un producto con infinidad de posibilidades para la cocina moderna; mejora del procesado del pistacho: “Tenemos que apostar por maquinaria de última generación, con materiales de acero inoxidable y unas instalaciones muy parecidas a los que son las bodegas modernas de hoy en día”; desarrollo de la industria adyacente de repostería-heladería o cosmética, entre otros; y por último avanzar en la investigación y divulgación en plagas y enfermedades y en desarrollo de nuevas variedades y portainjertos.

Hay que destacar el próximo aumento de la incidencia de plagas y enfermedades que, como cultivo nuevo, han sido muy limitadas en las plantaciones, pero próximamente, debido al aumento de la superficie de cultivo y a la proximidad y mayor tamaño de las parcelas, serán más frecuentes. Se pasará de tener parcelas diseminadas y separadas a grandes extensiones de cultivo que favorecerán la proliferación de plagas y enfermedades y su diseminación. Siendo, además, un cultivo que está en fases iniciales de los estudios sobre productos autorizados para su control, disponiendo de una oferta totalmente insuficiente.

Otro aspecto a destacar es la distorsión del mercado por la aparición de macroplantaciones de más de 1.000 ha que van a exigir la unión de pequeños productores para poder defender el valor de su producto y el mantenimiento de la alta calidad del pistacho español.

Por último y relacionado con el último reto expuesto por Couceiro, “avanzar en la investigación y divulgación”, está la reducción importante de los equipos de investigación en pistacho, principalmente por la jubilación de sus miembros y por la falta de reposición de sus puestos de trabajo. En estos últimos años se han reducido o desaparecido los equipos más activos de El Chaparrillo en Ciudad Real, el IMIDRA en Madrid y la EEAD en Zaragoza. La falta de equipos pertenecientes a organismos públicos dejará en la iniciativa privada la necesidad de buscar so-

luciones a los problemas actuales y futuros que surjan, aunque con una limitada difusión al resto del sector. ●

Bibliografía

- ANSEDE M. (2022). El hombre que llenó España de pistachos. El País. Ciencia/Materia (1 octubre 2022). <https://elpais.com/ciencia/2022-10-01/el-hombre-que-lleno-espana-de-pistachos.html> (Visitada en marzo 2023)
- ARBELOA A., GARCÍA E., LORENTE M.P., ANDREU P., MARÍN J.A. (2018). Micropropagación del pistacho: pros y contras. *Revista de Fruticultura* 64: 120–133.
- COUCEIRO J. F., GUERRERO J., GUJÓN M. C., MORIANA A., PÉREZ D., RODRÍGUEZ M. (2017). El cultivo del pistacho (2ª edición). Mundi Prensa. Madrid, 772 pp. ISBN 13: 9788484767220.
- DRIVER J. A., KUNIYUKI A. H. (1984). In vitro propagation of Paradox walnut rootstock. *HortScience*, 19: 507–509.
- GARCÍA E., LORENTE P., MARÍN J. A., ANDREU P., ARBELOA A. (2011). Factores que afectan a la necrosis apical de brotes de *Pistacia vera* L. cultivados in vitro. *ITEA* 107: 315–323.
- GARCÍA E., IMBRODA I., LORENTE P., MARÍN J. A., ARBELOA A., PADILLA I. M. G., BARCELÓ A., ANDREU P. (2012). Micropropagation and in vitro grafting techniques to assist the selection of a pistachio rootstock from a population of terebinth (*Pistacia terebinthus* L.) collected in the SE of Spain. *Acta Horticulturae* 961: 245–252.
- GARCÍA E., MARÍN J. A., ARBELOA A. (2021). Efecto de la iluminación LED sobre la micropropagación de portainjertos de especies frutales. En: Cultivo in vitro: Conexión de éxito entre investigación y empresa. ISBN: 978-84-09-33391-2. Libro de Resúmenes de la XIV Reunión De La Sociedad Española De Cultivo In Vitro De Tejidos Vegetales. Almería, septiembre 2021, p. 146.
- MARÍN, J. A., GARCÍA E., LORENTE P., ANDREU P., ARBELOA A. (2016). A novel approach for propagation of recalcitrant pistachio cultivars that sidesteps rooting by ex vitro grafting of tissue cultured shoot tips. *Plant Cell Tissue Organ Culture* 124: 191–200. <https://doi.org/10.1007/s11240-015-0871-7>
- MARÍN, J. A., GARCÍA E., LORENTE P., ARBELOA A., ANDREU P. (2017). Propagation of pistachio applying in vitro culture techniques. *Acta Horticulturae* 1155: 321–326. DOI 10.17660/Acta-Hortic.2017.1155.46
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN, MAPA. (2022). Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones. NIPO (publicación en línea): 003191619 https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-tendencias/informe-consumo-alimentario-2021-baja-res_tcm30-624017.pdf
- MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN, MAPA. (2023). Superficies y producciones de cultivos. <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/superficies-producciones- anuales-cultivos/> (Visitada en marzo 2023).
- PALOMO E. (2018). Los ocho retos para el futuro del pistacho en España. El Economista. Agronoticias. <https://www.economista.es/empresas-finanzas/agro/noticias/9039414/03/18/Los-ocho-retos-para-el-futuro-del-pistacho-en-Espana.html>
- STATISTA. (2023). <https://es.statista.com>