

CÓMO ELEGIR LAS VARIEDADES ADECUADAS *para asegurar la cosecha en ciruelo japonés*

Las variedades de ciruelo más cultivadas pertenecen a las especies de ciruelo de tipo japonés, adaptadas a climas templados, y de ciruelo europeo, predominante en zonas frías. En España, esta especie es el cuarto frutal de hueso más cultivado.

A pesar de su importancia económica, aún existen muchas incógnitas sobre la biología reproductiva, especialmente del ciruelo japonés. Una característica clave es que la mayoría de las variedades son autoincompatibles, por lo que no pueden fecundarse con su propio polen y requieren polinización cruzada con otras variedades compatibles que coincidan en floración. Conocer las necesidades de polinización de cada variedad resulta fundamental para la correcta elección de variedades polinizadoras en el diseño de nuevas plantaciones o para identificar problemas productivos en plantaciones ya establecidas.

ANDREA TORRES^{1,2}, BRENDA I. GUERRERO³, ENGRACIA GUERRA^{4,5}, AFIF HEDHLY⁶, JAVIER RODRIGO^{1,2}

¹ Departamento de Ciencia Vegetal, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA)

² Instituto Agroalimentario de Aragón-IA2 (CITA-Universidad de Zaragoza)

³ Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua (Chihuahua, México)

⁴ Área de Fruticultura Mediterránea, Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX- La Orden)

⁵ Instituto Universitario de Investigación de Recursos Agrarios (INURA), Universidad de Extremadura

⁶ Estación Experimental de Aula Dei (EEAD-CSIC) y Fundación Agencia Aragonesa para la Investigación y el Desarrollo (ARAIID)

El ciruelo es un frutal de hueso perteneciente al género *Prunus*, que incluye cerca de 400 especies y forma parte de la familia de las rosáceas. La mayoría de las variedades de ciruelo cultivadas en la actualidad pertenecen a dos especies: el ciruelo de tipo japonés (híbridos de *Prunus salicina* Lindl.), que incluye variedades precoces adaptadas a zonas templadas, y el ciruelo europeo (*Prunus domestica* L.), más extendido en regiones más frías (Guerra y Rodrigo, 2015). El cultivo del ciruelo tiene gran interés económico, con una producción

mundial de 12.489.827 t en 2023. Las últimas estadísticas disponibles indican que los principales países productores son China (6.888.894 t), Rumanía (645.090 t), Chile (433.934 t), Serbia (362.713 t), Turquía (355.132 t), Irán (354.789 t), Estados Unidos (342.000 t), Bosnia y Herzegovina (269.619 t), Francia (207.580) y Rusia (189.195 t) (FAOSTAT, 2025), aunque en estas estadísticas oficiales publicadas por la FAO no se diferencia entre ciruelos de tipo japonés, europeo y endrinos (*Prunus spinosa* L.).

En España, el ciruelo es el cuarto frutal de hueso más cultivado, con una superficie de 13.245 ha y 165.045 t de

producción en 2022 (MAPA, 2025). Las principales Comunidades Autónomas productoras son Extremadura (98.545 t), Andalucía (17.167 t), Aragón (12.253 t), Comunidad Valenciana (11.675 t) y Región de Murcia (7.921 t) (MAPA, 2025). Se estima que el 83% de la superficie está dedicada al ciruelo japonés, el 13% al ciruelo europeo y el 5% restante a híbridos de ciruelo x albaricoquero (Guerra *et al.*, 2022). Aunque el ciruelo de tipo japonés tiene gran relevancia económica, aún se desconocen muchos aspectos de su biología reproductiva que inciden de forma significativa en el rendimiento de las cosechas. La mayoría de las variedades



FOTO 1
Flores de ciruelo japonés.

mientras que el otro suele abortar (Herrera *et al.*, 2021).

Sistema gametofítico de incompatibilidad

Cuando el grano de polen germina en el estigma, el tubo polínico necesita que ciertos mecanismos genéticos y moleculares funcionen correctamente para lograr alcanzar el óvulo y que pueda producirse la fecundación, comenzando así el desarrollo del fruto (**Figura 1**). La incompatibilidad entre el polen y el pistilo está regulada por un sistema que previene la autofecundación y promueve la polinización cruzada, ayudando a conservar la diversidad genética (De Nettancourt, 2001).

Este sistema de incompatibilidad funciona como un mecanismo de reconocimiento entre polen y pistilo, y depende de dos genes ubicados en una región del genoma llamada locus *S*. Uno de estos genes se expresa en el pistilo (la ribonucleasa *S*-RNasa) y el otro en el grano de polen (la proteína SFB). Si el alelo *S* del polen coincide con alguno de los dos alelos *S* del pistilo, las *S*-RNasas degradan el ARN del tubo polínico, deteniendo su crecimiento e impidiendo la fecundación, por lo que no se formará un fruto. Por el contrario, si los alelos son distintos entre el polen y el pistilo, las *S*-RNasas se inhiben, por lo que el ARN del tubo polínico no se ve afectado y sigue creciendo hasta alcanzar el ovario fecundando el óvulo y comenzando el desarrollo del fruto (Matsumoto y Tao, 2016) (**Figura 1**).

Necesidades de polinización

Para determinar las necesidades de polinización de cada variedad, es clave establecer su auto(in)compatibilidad, para saber si puede fecundarse con su propio polen o necesita el de otra variedad (Guerra y Rodrigo, 2015). La introducción de nuevas variedades sin conocer sus necesidades de polinización ha llevado al fracaso de muchas plantaciones (Herrera *et al.*, 2021). En

son autoincompatibles, lo que significa que no pueden ser fecundadas con su propio polen y necesitan polinización cruzada con otras variedades compatibles y coincidentes en floración para formar fruto (Guerra y Rodrigo, 2015). Además, la intensa renovación varietal, impulsada por programas de mejora genética en distintos países (Guerrero *et al.*, 2022), ha llevado a la incorporación de nuevas variedades cuyo comportamiento agronómico y adaptación a las condiciones locales aún se desconocen, lo que en muchos casos está llevando al fracaso de plantaciones comerciales (Guerrero *et al.*, 2021).

Floración y polinización

Durante el verano comienza la diferenciación floral en el interior de las yemas fructíferas, proceso que continúa en otoño y se ralentiza durante el reposo invernal. La floración tiene lugar entre febrero y marzo, depen-

diendo de la variedad. En cada yema se pueden desarrollar varias flores. La polinización la realizan insectos como abejas y abejorros (**Foto 1**), que transportan el polen desde las anteras de los estambres hasta el estigma del pistilo, facilitando así el cruzamiento entre variedades.

El éxito reproductivo depende de varios factores: viabilidad del polen, presencia de insectos polinizadores, compatibilidad entre el polen y el pistilo, fecundación y desarrollo del embrión (Guerra y Rodrigo, 2015). Una vez que la flor se abre, el estigma segrega una secreción que permite la adhesión y germinación del polen. Cada grano de polen genera un tubo polínico que crece a lo largo del estilo hasta llegar al ovario, donde puede fecundar uno de los dos óvulos (primordios seminales) (**Figura 1**). Generalmente, solo uno de los óvulos continúa su desarrollo tras la fecundación y da lugar a la semilla,

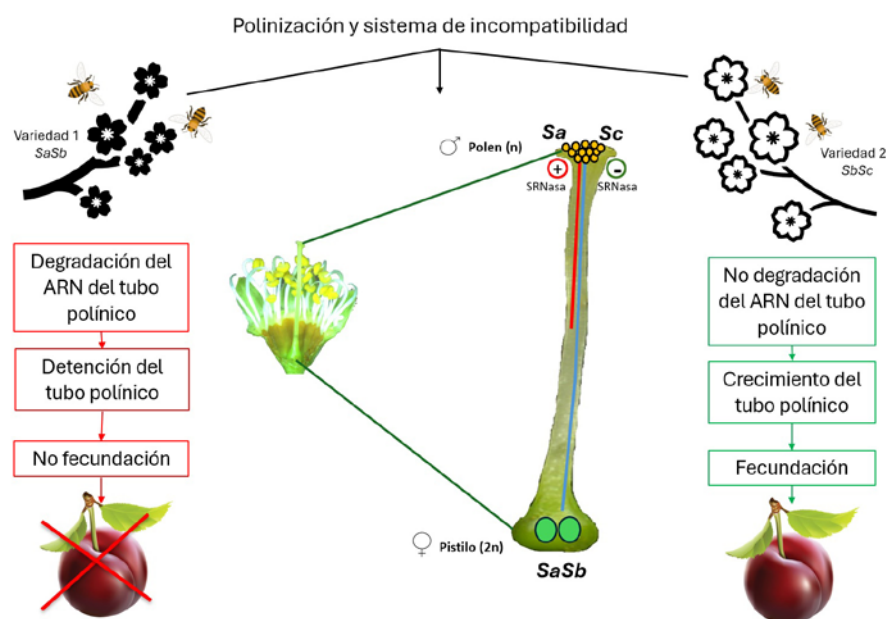


FIGURA 1
Polinización y sistema de incompatibilidad.

el ciruelo de tipo japonés se dispone de menos información sobre los mecanismos que regulan la autocompatibilidad que en otros frutales de hueso como el albaricoquero o el cerezo, en los que existe un número mayor de variedades autocompatibles. Este problema se acentúa porque muchas variedades de ciruelo japonés no corresponden a especies puras, sino que son híbridos complejos de *P. salicina* con otras especies, lo que complica el estudio de los mecanismos genéticos implicados en la autocompatibilidad.

Grupos de incompatibilidad

La autocompatibilidad es una característica deseable en las nuevas variedades, ya que hace que no sea necesaria la polinización cruzada para producir fruto, facilitando el manejo de la plantación. Sin embargo, el número de variedades autocompatibles de ciruelo japonés es muy reducido en comparación con las existentes en otros frutales de hueso (**Tabla 1**). Para facilitar conocer las necesidades de polinización de las variedades y poder seleccionar las más adecuadas, hasta ahora se han identificado los alelos *S* de más de 200 variedades de todo el mundo, permitiendo su clasificación en 26 Grupos de

Incompatibilidad (Guerra y Rodrigo, 2015). En la **Tabla 2** se recogen 120 variedades autoincompatibles distribuidas en sus grupos de incompatibilidad correspondientes. Esta información es especialmente relevante para el cultivo de variedades autoincompatibles, lo que permite seleccionar las variedades polinizadoras adecuadas. Cada grupo de incompatibilidad reúne variedades con los mismos alelos *S*, que por lo tanto no pueden polinizarse entre sí con éxito. Al planificar una plantación, es crucial seleccionar variedades polinizadoras de grupos distintos, con al menos un alelo *S* diferente, y cuya floración coincida con la de la variedad principal. Sin embargo, en ciruelo de tipo japonés la información disponible actualmente no permite la determinación de la autocompatibilidad a través de los alelos *S* como ocurre en cerezo o albaricoquero, siendo necesario realizar análisis adicionales como la observación de los tubos polínicos o nuevas herramientas bioinformáticas basadas en la secuenciación del genoma.

En las principales zonas de cultivo se está produciendo una importante disminución de frío invernal (Fernández *et al.*, 2023; Guerrero *et al.*, 2024). En este escenario, en los próximos años se

TABLA 1
Variedades autocompatibles en ciruelo de tipo japonés

VARIEDADES AUTOCOMPATIBLES
African Rose
Beauty
Bella Gold
Casselman
Fall Fiesta
Flavor Finale
Glory Red
Honey Rosa
Karari
Laetitia
Late Santa Rosa
Methley
Nubiana
Pioneer
Red Rosa
Rio
Rubirosa
Santa Rosa
Simka
Souvenir
Zanzi Sun

prevé que aumente el cultivo de variedades con bajas necesidades de frío invernal, lo que favorecerá la adaptación al cambio climático, que también es un objetivo prioritario en la mayoría de los programas de mejora (Guerrero *et al.*, 2020). Sin embargo, la variabilidad en la fecha y la duración de la floración entre años y lugares puede dificultar el solapamiento entre variedades. Por ello, es recomendable seleccionar variedades que, además de ser compatibles y coincidir en floración, tengan necesidades de frío similares (Fadón *et al.*, 2020; Guerra *et al.*, 2020).

Conocer la auto(in)compatibilidad de cada variedad, las relaciones de incompatibilidad entre variedades y sus necesidades agroclimáticas es esencial para evaluar su adaptación a una zona y seleccionar las variedades adecuadas para las nuevas plantaciones, y también para identificar problemas de producción en plantaciones ya establecidas (Guerra y Rodrigo, 2015; Herrera *et al.*, 2021).

TABLA 2
Clasificación de 120 variedades de ciruelo de tipo japonés en Grupos de Incompatibilidad (G.I.).

GRUPOS DE INCOMPATIBILIDAD (G.I.)	ALELOS S	VARIETADES
I	SaSb	606, Burmosa, Late Soldam, Red Beaut, Soldam, Sordum
II	SbSc	Blackamber, Black Beaut, Black Satin, Dapple Jack, Delbartazur, Early Sun, Emerald Drop, Flavor Granade, Fortune, Golden Plumza, Gulfrose, Honey Sweet, Honey Red, Jupiter, Laroda, October Sun, Purple Queen, Sugared, Super Giant, Tasty Sweet, TC Sun
III	SbSf	AU Amber, AU Road Side, Frontier, Gran Colle, Titine, Verna Delicious
IV	SbSh	Betty Ann, Black Gem, Blue Knight, Eldorado, Flavor Fall, Flavor Supreme, Freedom, Hiromi Red, Larry Ann, Queen Ann, Songria 10, Sundew, Scarlet
VI	SfSh	Black Ruby, Kelsey Paulista, Mariposa, Satsuma
VII	ScSh	Angeleno, Candy Heart, Constante, Gaia, Queen Rosa, Royal Diamond, Ruby Crunch, Ruby Queen, Sweet August
VIII	SeSh	African Delight, African Pride, Autumn Pride, Black Diamond, Black Gold, Black Late, Earliqueen, John W, Ruby Star, Showtime, Souvenir
IX	SfSg	Golden Japan, Shiro, White Plum
X	ShSk	Explorer, Golden Kiss, Howard Sun, Redgold, Songold
XI	ScSe	AU Rosa, Autumn Giant, Autumn Treat, Black Splendor, Champion, Royal Garnet, Royal Zee, Roysum, Sweet Autumn, Sybarite
XII	SbSe	Black Jewell, Durado, Flavor Fall, Flavor King, Flavorosa, Freya, Murietta, Pioneer, Sapphire, Sparkly, Tomar
XIII	SeSf	Black Star, Morris, Primetime
XIV	SaSc	Crimson Glo, Sunkiss, White Queen
XV	SgSh	Bonnie, Ruby Sweet
XVI	SfSk	Wickson
XVII	SbSo	Ambra, Olinda
XVIII	SaSf	Ozarkpremier, Terada
XIX	SbSd	Formosa, Harypickstone
XX	SbSk	Crimson Kat, Sweet Blaze
XXI	SeSk	Simon
XXII	SaSe	Dolly, Riou

Guerra et al., 2009, 2020, 2022; Guerra y Rodrigo, 2015; Herrera et al., 2021

Homonomias y sinonimias

Gracias a las técnicas moleculares actuales, ha sido posible identificar los alelos S presentes en un gran número de variedades de ciruelo japonés (Guerra y Rodrigo, 2015) y también establecer las relaciones genéticas entre variedades (Guerrero *et al.*, 2021). Esta información permite no solo establecer las relaciones de incompatibilidad entre variedades, sino también detectar homonomias

(variedades diferentes con el mismo nombre) y sinonimias (una misma variedad con distintos nombres). Estas confusiones en la denominación de variedades han provocado problemas de cuajado por errores en la selección de polinizadores. Este problema no es exclusivo del ciruelo japonés, ya que también ocurre en otros cultivos. Se han detectado 14 casos de homonomias ('Songold', 'Ambra', 'Joana Red',

A MODO DE CONCLUSIÓN

Para diseñar nuevas plantaciones es necesario conocer las necesidades de polinización de cada variedad para poder seleccionar las variedades polinizadoras adecuadas, teniendo en cuenta que sean compatibles entre sí, coincidan en floración y tengan necesidades de frío similares. Además, es conveniente interplantar varias variedades polinizadoras para reducir el riesgo de falta de solapamiento en floración en años con inviernos suaves.

'Golden Globe', 'Friar', 'Green Sun' y 'Flavor Fall') y otros 22 de sinonimias como 'Crimson Kat' (= 'Sweet Blaze'), 'Red Beaut' (= '606'), 'Fortune' (= 'Green Sun'), 'Angeleno' (= 'Angelenex', 'Suplumsix'), 'Black Diamond' (= 'Diamex', 'Suplumeleven'), 'Black Gold' (= 'Sumplumtwelve'), 'Golde Japan' (= 'Shiro'), 'Larry Ann' (= 'Freedom'), 'Simka' (= 'Sim-ka Rose'), 'Abundance' (= 'Botan') en variedades de ciruelo de tipo japonés, que posiblemente pueden deberse a errores en el etiquetado del material vegetal. Por ello, disponer de colecciones varietales de referencia, información actualizada de las variedades disponibles en el mercado, y utilizar material certificado es fundamental para evitar problemas de producción.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Agencia Estatal de Investigación MICIU/AEI/10.13039/501100011033 (proyecto PID2020-115473RR-I00), la Junta de Extremadura (Grupo de investigación AG021 y Proyectos sectoriales RF-CICYTEX y ADAFRUIT) y el Gobierno de Aragón – Fondo Social Europeo, "El FSE invierte en tu futuro" [Grupo Consolidado A12-17R].

Bibliografía

Queda a disposición del lector interesado en el correo electrónico: redaccion@editorialagricola.com