

## **FACTORES QUE AFECTAN AL CUAJADO EN ALBARICOQUERO Y CEREZO**

Javier Rodrigo  
Unidad de Hortofruticultura, CITA  
Av. Montañana 930  
50059 Zaragoza

### **Introducción**

El cuajado en frutales es resultado de un gran número de factores. Por un lado, depende de factores externos a la flor, como las condiciones meteorológicas durante la floración o los elementos que intervienen en la polinización, desde la existencia de polen viable hasta su transporte al estigma de la flor. Por otro lado, existen factores internos que también influyen en el proceso, como la viabilidad de los gametos masculinos y femeninos o el estado nutricional de la flor. Las deficiencias de cuajado pueden ser debidas a la alteración de uno o más de estos factores.

Mientras que el origen de una falta de cuajado puede ser fácilmente identificable en el caso de que la causa sean heladas primaverales o cuando está asociada a patógenos, en otras ocasiones se observan cuajados anormalmente bajos en plantaciones que se encuentran en buenas condiciones y que no han sufrido inclemencias meteorológicas. En estas condiciones, una floración abundante no correspondida con un cuajado normal puede ser el primer síntoma de un problema de polinización.

### **Polinización**

Para que tenga lugar una correcta polinización tienen que coincidir la existencia de polen fértil y que se transporte adecuadamente hasta el estigma de las flores.

#### Fertilidad del polen

En la mayoría de las variedades cultivadas de frutales el polen no presenta problemas de fertilidad, siendo los casos de polen estéril poco frecuentes. Por ejemplo, existen algunas variedades de ciruelo japonés androestériles, como 'Red Beaut', en cuyas flores las anteras no producen polen o en muy baja cantidad. También puede producirse esterilidad del polen por causas externas, como tratamientos durante la floración, que pueden provocar problemas de dehiscencia en las anteras o afectar a la viabilidad del polen.

#### Transporte del polen

Aunque exista polen viable, pueden producirse falta de polinización si el polen no se transporta adecuadamente al estigma. Mientras que hay especies frutales, como el olivo, nogal, avellano o pistachero, en las que el polen se transporta por viento (polinización anemófila), en los frutales de hueso y pepita el transporte se realiza por

insectos (polinización entomófila). En estas especies se pueden producir problemas de polinización por falta de insectos polinizadores. Si en la plantación no hay suficientes abejas, es necesario introducir colmenas, y es conveniente que se encuentren en la plantación al inicio de la floración, mantenerlas hasta que las flores alcanzan el estado de caída de pétalos y, para no afectar a las abejas ni al polen, evitar tratamientos durante la floración. Por otra parte, la actividad de las abejas se puede ver afectada por condiciones ambientales adversas, como vientos fuertes, lluvias ó bajas temperaturas.

### Coincidencia de floración

En variedades que necesitan polinización cruzada, otra posible causa de fallos en la polinización puede ser debida a un desfase entre la floración de la variedad polinizadora y de la variedad a polinizar, de forma que si las flores de ambas no coinciden en el tiempo, la polinización con el polen deseado no tendrá lugar, aunque el polen sea viable y existan suficientes abejas en la plantación.

### **De polinización a fecundación**

En general, en las especies frutales es necesario que se produzca una polinización adecuada para obtener cuajado. Una vez que el grano de polen se deposita en el estigma de la flor, germina produciendo el tubo polínico. Los tubos polínicos crecen a lo largo del estilo hasta el óvulo en el interior del ovario, donde se produce la fecundación del saco embrionario, la formación del embrión y el posterior desarrollo de fruto. Con algunas excepciones, como en algunas variedades partenocárpicas de peral, es necesario que se produzca la fecundación de al menos un óvulo para que se produzca el cuajado. Durante la fase que va de polinización a fecundación hay distintos factores que pueden afectar a la fecundación y por tanto al cuajado.

### Fertilidad femenina

Las estructuras femeninas de la flor pueden presentar anomalías que causan falta de cuajado. Aunque no son tan habituales como los problemas de polinización o de incompatibilidad, se pueden producir un retraso en la maduración de las distintas estructuras femeninas, ya sea a nivel de óvulo o del resto del pistilo. También se pueden producir problemas de calidad de flor debidos a factores nutricionales. Finalmente, pueden producirse esterilidad de óvulos, como los que presentan algunas variedades de especies poliploides, o causados por tratamientos externos que afectan al desarrollo de los óvulos.

### Período efectivo de polinización

El período efectivo de polinización es el tiempo que vive el óvulo menos el tiempo que tarda el tubo polínico en llegar hasta él. Aunque tanto el polen como el pistilo sean viables, se puede producir falta de fecundación debido un período efectivo de polinización demasiado corto. La temperatura puede condicionar la duración de este

periodo, ya que influye en la velocidad de crecimiento del tubo polínico. Por otra parte, la longevidad del óvulo se puede ver influida tanto por la temperatura como por el estado nutritivo del árbol.

### Incompatibilidad polen-pistilo

La incompatibilidad polen-pistilo es una de las causas más frecuentes de falta de cuajado no atribuible a condiciones meteorológicas adversas o a patógenos. La autoincompatibilidad polen-pistilo se produce cuando el polen de una planta, aun siendo viable, es incapaz de fecundar a las flores de la propia planta. En la mayoría de especies frutales, la respuesta de incompatibilidad está determinada por el locus *S*, que controla la especificidad alélica entre polen y el pistilo.

Durante la reacción de incompatibilidad, los tubos polínicos detienen su crecimiento antes de alcanzar el ovario cuando el grano de polen presenta la misma composición alélica que el estilo, impidiendo por tanto que el óvulo sea fecundado. Esto hace que la flor no continúe su desarrollo y acabe cayendo. Por el contrario, en las relaciones compatibles, los tubos polínicos crecen a lo largo del estilo hasta el óvulo, donde se produce la fecundación y la formación del embrión. De esta forma, las flores de variedades autocompatibles pueden ser fecundadas con su propio polen, mientras que las variedades autoincompatibles necesitan ser polinizadas con polen de otra variedad para que se produzca cuajado, lo que hace necesaria la presencia en la plantación de árboles polinizadores.

Algunas especies, como el melocotonero, se consideran autocompatibles. Otras especies, como el almendro y el cerezo, son mayoritariamente autoincompatibles, mientras que en otras, como el albaricoquero y el ciruelo, existen variedades autocompatibles y autoincompatibles. El origen clonal de las variedades frutales, al tener todos los individuos el mismo genotipo, hace de este carácter un factor limitante, ya que en el caso de plantaciones monovariales de variedades autoincompatibles no habría en toda la plantación polen capaz de fecundar las flores.

### *Detección de la incompatibilidad*

Existen diferentes métodos para determinar la compatibilidad polen-pistilo en frutales. Tradicionalmente, se ha determinado mediante polinizaciones controladas en campo y el posterior seguimiento del cuajado. Sin embargo, en ocasiones los factores ambientales pueden interferir en los resultados de estos ensayos. Por ello se han desarrollado métodos en laboratorio que complementan los ensayos en campo. Así, la (in)compatibilidad se puede determinar mediante la observación al microscopio del crecimiento de los tubos polínicos en el estilo de flores procedentes de cruzamientos dirigidos (Tablas 1, 2 y 3).

En los últimos años, se han desarrollado nuevas estrategias para la identificación de los alelos *S* de incompatibilidad mediante el uso de marcadores moleculares, basándose en que los distintos alelos *S* tienen diferente tamaño. Esta metodología se ha mostrado muy útil, ya que se puede realizar extrayendo ADN de cualquier tejido en cualquier época del año y por tanto no es imprescindible disponer de flores para su

análisis. Sin embargo, ambas aproximaciones -la observación de tubos polínicos y la identificación de los alelos- son complementarias, y la comparación de los datos genéticos con los datos obtenidos mediante cruzamientos permite determinar la autoincompatibilidad o autocompatibilidad de las variedades y su distribución en diferentes grupos de incompatibilidad. Mientras que entre las principales variedades de albaricoquero no se han encontrado grupos de incompatibilidad hasta la fecha, y en principio cualquier variedad coincidente en floración valdría como polinizadora, en cerezo es necesario conocer las necesidades de polinización de cada variedad autoincompatible (Gella, Fustero y Rodrigo, 2001). Así, aquellas variedades que presentan la misma composición alélica se pertenecen al mismo grupo de incompatibilidad y son incompatibles entre sí, mientras que aquellas que difieren en al menos un alelo se consideran compatibles (Tabla 2). Por tanto, para un correcto diseño de plantaciones con variedades autoincompatibles, éstas deben de coincidir en floración con otras variedades polinizadoras que presenten al menos un alelo de incompatibilidad diferente.

### **Agradecimientos**

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio Ciencia e Innovación–FEDER (Proyectos INIA RF2011-00029-C03 y RTA2013-00085-00-00) y el Grupo de Investigación de Aragón A-43 (Gobierno de Aragón–Fondo Social Europeo).

### **Referencias**

- Burgos, L., Egea, J., Guerriero, R., Viti, R., Monteleone, P., Audergon, J.M., 1997. The self-compatibility trait of the main apricot cultivars and new selections from breeding programmes. *J. Hort. Sci.* 72, 147-154.
- Espada, J.L., Mené, R., 2010. Cultivo de nuevas variedades de albaricoquero en Aragón. *Informaciones Técnicas* 216.
- Gella, R., Fustero, R., Rodrigo, J., 2001. Variedades de Cerezo (CD). Diputación General de Aragón, Zaragoza.
- Rodrigo, J., Herrero, M., 1998. La polinización del albaricoquero. *Fruticultura Profesional* 96, 66-70.
- Schuster, M., 2012. Incompatible (S-) genotypes of sweet cherry cultivars (*Prunus avium* L.). *Sci. Hort.* 148, 59-73.
- Wunsch, A., Gella, R., Rodrigo, J., 2006. Nuevas variedades de cerezo. Descripción varietal y necesidades de polinización. *Fruticultura Profesional* 162, 5-12.
- Wunsch, A., Hormaza, J.I., 2004. Detección molecular de alelos de incompatibilidad en cerezo. *Fruticultura Profesional* 144, 18-22.

Tabla 1. Variedades de albaricoquero autoincompatibles

Aurora	Moongold
BigRed	Orange red
Cream Ridge	Perfection
Early Blush	PerleCot
Goldrich	PinkCot
Goldstrike	Priana
Cluthagold	Primula
Goldbard	Robada
Goldstrike	Stark Early Orange
Harcot	Stella
Hargrand	Sundrop
Lambertin-1	Sunglo
LillyCot	Sungold
Mirandela	WonderCot
Moniqui	

(Rodrigo et al., 1996; Burgos et al., 1997; Espada y Mené, 2010)

Tabla 2. Grupos de Incompatibilidad (G.I.) de variedades de cerezo.

G.I	Genotipos $S$	Variedades
I	$S_1S_2$	Ferdouce, Stark Hardy Giant, Summit
II	$S_1S_3$	Black Star, Cristalina, Gil-Peck Early Van Compact, Lamida, Regina, Samba, Satin (Sumele), Van, Vera
III	$S_3S_4$	Bing, Lambert, Napoleon, Somerset
IV	$S_2S_3$	Coralise, Vega
VI	$S_3S_6$	Ambrunés, Duroni 3, Kordia, Pico Negro
VII	$S_3S_5$	Hedelfinger
IX	$S_1S_4$	Frisco, Rainier, Sylvia
XIII	$S_2S_4$	Sam, Vic
XV	$S_5S_6$	Colney
XVI	$S_3S_9$	Burlat, Chelan, Fertard, Moreau, Precoce Bernard, Tieton
XVIII	$S_1S_9$	Brooks, Early Bigi (Bigisol), Earlise, Marvin (4-70), Sweet Early (Panaro 1)
O*	$S_1S_{4'}$	<b>Celeste, Lapins, Santina, Skeena</b>
	$S_3S_{4'}$	<b>Compact Stella, Newstar, Sandra Rose, Selah (Liberty Bell), Sonata, Staccato (Summer Charm), Sumesi, Sunburst, Sweetheart, Symphony</b>
	$S_4S_6$	<b>Blackgold</b>
	$S_4S_9$	<b>Columbia (Benton), Early Star, Grace Star</b>
	$S_2S_{4'}$	<b>13S-3-13</b>
	$S_3S_{3'}$	<b>Alex</b>
	$S_4S_{12}$	Margit
	$S_1S_{BP}$	Blanca De Provenza
	$S_5S_{22}$	Rita
$S_6S_{24}$	Pico Colorado	

\*Donante universal. En negrita, variedades autocompatibles

(Wünsch y Hormaza, 2004; Wünsch et al., 2006; Schuster, 2012).