

ANOMALÍAS MORFOLÓGICAS Y FISIOLÓGICAS DEL CICLO FLORAL DEL AGUACATE EN LA COSTA DE ALMERÍA.

C. Cabezas¹, J.J Hueso² y J. Cuevas¹

¹ **Dept. Producción Vegetal. Universidad de Almería. 04120. Almería. España.**
Correo electrónico: jcuevas@ual.es

² **Estación Experimental de Cajamar 'Las Palmerillas'. Autovía del Mediterráneo, Km 419. El Ejido. 04710 Almería. España. Correo electrónico: jhueso@cajamar.es**

RESUMEN

El aguacate presenta un sofisticado mecanismo de polinización caracterizado por un ciclo floral en el que sus flores realizan dos aperturas, una primera en estado femenino y tras un cierre, otra en estado masculino. Durante observaciones en la Costa de Almería, hemos detectado notables anomalías en el ciclo floral de 'Hass' (tipo A) y sus potenciales polinizadores: 'Fuerte', 'Bacon' y 'Zutano' (tipo B). En los cultivares tipo B, especialmente en 'Zutano', numerosas flores cambiaron de fase sexual sin cierre intermedio. En 'Hass', la fase femenina se desarrolló ocasionalmente con una apertura incompleta de los tépalos. Más frecuentemente, 'Hass' mostró durante la fase masculina una desincronización entre la apertura de los tépalos y la dehiscencia de anteras. El segundo día de ciclo sólo se desplegaban varios tépalos y sus estambres correspondientes sufrían la dehiscencia. El resto permanecían inmaduros protegidos por sus tépalos. Esto provocaba una segunda apertura en estado masculino, en la que los restantes tépalos se desplegaban y los estambres completaban la dehiscencia de anteras. Por otra parte, numerosas flores no plegaban sus tépalos durante la noche y permanecían abiertas. La anomalía más frecuente fue la persistencia de un estigma aparentemente receptivo durante las primeras etapas de la fase masculina. Puntualmente se observaron nectarios que segregaban néctar en la fase femenina y estaminodios que alargaron la producción de néctar hasta la fase masculina. Por último, se han documentado anomalías morfológicas como conversión de tépalos en estambres, de estambres en nectarios y aparición de doble pistilo. Estas desviaciones del patrón habitual fueron observadas coincidiendo con las condiciones ambientales más frías.

Palabras Clave: ciclo floral, fases sexuales, tépalos, estigma, estambres, estaminodios, nectarios, aguacate.

INTRODUCCIÓN

La superficie española de aguacate se ha incrementado en más de 1.000 hectáreas en la última década, alcanzándose actualmente 8.700 hectáreas (FAOstat, 2002). Este crecimiento demuestra el interés que el cultivo ha generado en España. Varios factores son los precursores de este crecimiento: las bajas necesidades de mano de obra, la escasa incidencia de plagas y enfermedades, el incremento paulatino en el consumo y los buenos precios obtenidos en las últimas campañas. En cuanto a producción, España genera 60.000 toneladas, siendo el sexto país productor de aguacates del mundo (FAOstat, 2002). Sin embargo, el aumento en los costes de producción junto con la presión comercial de países terceros, hace necesario mejorar la rentabilidad de las plantaciones mediante un incremento de los rendimientos, generalmente bajos en España (6,8 t/ha.) (FAOstat, 2002).

La flor del aguacate es bisexual pero sus órganos sexuales maduran en distinto momento. Durante la primera apertura de los tépalos la flor actúa como femenina con el estigma fresco, mientras que los estambres permanecen inmaduros y se muestran flexionados sobre los tépalos. Tras un cierre completo de la flor, sucede una segunda apertura en estado masculino en la que el estigma se oscurece y marchita, los estambres se levantan y liberan el polen. Con posterioridad la flor cierra definitivamente. La adopción de la dicogamia como estrategia reproductiva implica que, para una eficaz transferencia de polen, los insectos han de visitar las flores en ambas fases. Esto se consigue mediante la producción secuencial de atractivos florales. En la fase femenina los estaminodios segregan néctar. En la fase masculina los órganos secretores de néctar son los nectarios, siendo el polen un recurso adicional. El ciclo floral del aguacate se sigue simultáneamente en todas las flores que alcanzan la antesis, lo que se conoce como dicogamia sincronizada. La polinización en el aguacate es posible porque sus cultivares se clasifican en dos grupos florales, A y B, que complementan sus ciclos flores entre sí. En los cultivares tipo A, sus flores abren por primera vez como femeninas por la mañana y desarrollan la fase masculina durante la tarde del día siguiente. Por el contrario, en los cultivares tipo B, las flores manifiestan el estado femenino por la tarde y la segunda apertura como masculinas en la mañana del día siguiente. Este complicado mecanismo de polinización se realiza de forma inalterada en determinadas zonas tropicales y subtropicales (Avilán et al., 1995). Sin embargo, en otras zonas productoras, la sincronización y secuencialidad del proceso dicógamo se ve modificada. Hasta ahora en España, no existían referencias sobre el comportamiento floral del aguacate y éste ha sido un objetivo prioritario nuestro. En este trabajo se describen desviaciones observadas en el patrón del ciclo floral de diferentes cultivares, se indican las circunstancias en las que estas anomalías aparecen y se discuten sus posibles repercusiones.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una plantación de aguacates de la Estación Experimental de Cajamar 'Las Palmerillas' de El Ejido (Almería, España), Longitud 2° 43'W y Latitud 36°48'N, a 10 Km del litoral mediterráneo y 155 msm. Las observaciones se realizaron sobre árboles de 'Hass' (tipo A) y 'Bacon', 'Fuerte' y 'Zutano' (tipo B), de 16 años injertados sobre patrón Duke-7. El marco predominante es de 5 x 4,5 m y la orientación de las filas norte-sur. Entre febrero y mayo del año 2001 y coincidiendo con la floración de los cultivares estudiados, se eligieron al azar dos árboles de cada cultivar. En cada árbol se señalaron 4 inflorescencias, una por cada uno de los puntos cardinales. Posteriormente, se marcaron al azar 6 flores por inflorescencia. Las flores fueron marcadas muy cercana a su primera antesis, cuando los tépalos comienzan a separarse, viran levemente del color verde al amarillo y no muestran síntomas de plegamiento tras alguna apertura. Sobre estas flores se han realizado observaciones macroscópicas y bajo binocular, a intervalos de dos horas desde las 9:00 hasta las 21:00. El desarrollo anómalo del proceso dicógamo ha sido

analizado respecto a un discurrir normal documentado en la literatura y corroborado en la mayoría de las flores. Las observaciones se realizaron durante todo el periodo de floración del cultivar 'Hass' y en momentos puntuales de inicio, plena y final de floración en los cultivares tipo B.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado de numerosas observaciones y coincidiendo con las condiciones ambientales más frías, se han detectado notables y variadas anomalías en el ciclo floral de todos los cultivares estudiados. En general, las flores se ajustaron al patrón teórico abriendo primeramente como femeninas y, tras un cierre intermedio, como masculinas el segundo día. En esta segunda apertura el polen se desprendía. No obstante, algunas flores de los cultivares tipo B experimentaron la anulación del cierre intermedio entre las fases femenina y masculina. La única apertura de estas flores ocurrió por la mañana. Durante los primeros momentos estas flores presentaron el estado femenino. El pistilo se mostraba erecto con el estigma blanco y fresco. Los nueve estambres quedaban flexionados sobre los tépalos. Entre 2-3 horas después manifestaron el estado masculino. Los estambres del verticilo interior se levantaron y rodearon al pistilo; los más externos lo hicieron hasta un ángulo de 45°. Horas más tarde ocurrió, primero la dehiscencia de anteras y un único cierre, definitivo, después. Un fenómeno similar fue observado por Papademetriou (1976) en Trinidad. Nosotros creemos que las bajas temperaturas durante la tarde retrasaron la primera apertura de la flor hasta la mañana siguiente, concurriendo la fase femenina con el momento fisiológicamente masculino y las condiciones generalmente inductoras a ello. En otras ocasiones, las flores realizaron una apertura incompleta durante la fase femenina. En 'Hass', los tépalos sólo se desplegaban hasta quedar a un ángulo aproximado de 45°. Con respecto al eje perpendicular de la flor (Fig. 1A). A pesar de esta semiapertura, el pistilo y los órganos secretores de néctar eran visibles y quedaron expuestos a la actividad polinizadora. En cambio, la apertura de tépalos en 'Bacon' fue muy leve y la flor solamente dejaba entrever el estigma y un tercio del estilo. Todas las flores que mostraron esta anomalía, cerraron y posteriormente desarrollaron la fase masculina. De nuevo, las condiciones ambientales más frescas favorecieron el despliegue incompleto de tépalos, tal y como también detectaron Ish-Am y Eisikowitch (1991).

El estado masculino ha sido más sensible a las alteraciones. Con frecuencia en los cultivares estudiados, especialmente en 'Hass', la fase masculina transcurrió con una desincronización en la apertura de tépalos y en la dehiscencia de anteras. Estos cambios provocaban que muchas flores anómalas no plegaran sus tépalos durante la noche y el cierre no se produjera hasta las primeras horas del día siguiente. En otras flores, el cierre ocurrió a lo largo de la noche de forma desincronizada. Muy frecuentemente se observó la extensión de la fase masculina a varios días. En este caso, varios tépalos (1-4), normalmente contiguos, se desplegaron durante el segundo día de ciclo. Paralelamente, los estambres del verticilo exterior antepuestos a estos tépalos se levantaron y sufrieron la dehiscencia de anteras. El resto de tépalos permanecieron plegados protegiendo a los demás estambres que aparentaban muestras claras de inmadurez (filamento corto y valvas no muy marcadas) (Fig. 1B). En ocasiones, los estambres del verticilo interior, visibles en la parte abierta de la flor, sufrían la dehiscencia de anteras ese mismo día. Estas flores cerraron y el tercer día de ciclo manifestaron nuevamente el estado masculino, desplegando aquellos tépalos que no lo hicieron el día anterior. En esta fecha, los estambres adyacentes liberaron el polen. Más tarde, las flores cerraron definitivamente. No se ha podido verificar que mejores condiciones de insolación de cierta parte de la flor propiciara la apertura de los tépalos y la maduración de los estambres más expuestos.

Hemos observado también otra forma de expresión del estado masculino con dobles aperturas en el cultivar 'Hass'. Las flores desplegaban sus tépalos por completo y cada estambre conseguía posicionarse correctamente. Sin embargo, durante ese día no sucedía la dehiscencia de anteras

en ninguno de los estambres de la flor. Tras un cierre, las flores volvieron a abrir el tercer día de ciclo y aconteció la apertura de valvas y la liberación del polen. Como observaron Robbertse et al. (1998), el retraso en la liberación de polen se manifestaba bajo climatología desfavorable (frío, niebla y/o viento). Aunque la dehiscencia de anteras ocurre generalmente entre 1-2 horas después de la segunda apertura (Davenport, 1986; Sedgley, 1977), hemos observado que a veces puede adelantarse a los primeros momentos del estado masculino, ocurriendo con anterioridad a la primera hora cuando las flores aún no han completado su apertura (Fig. 2A). Al parecer, la insolación y la higrometría favorecen una rápida dehiscencia de las valvas (Lichou y Vogel cit. por Avilán et al., 1995).

Quizás la anomalía más substancial ha sido la permanencia de un estigma aparentemente receptivo durante las primeras horas de apertura en estado masculino. Tras el segundo despliegue de tépalos y el posicionamiento de los estambres, el estigma mostraba aún un aspecto blanco y fresco (Fig. 2B). Esta continuidad de la receptividad estigmática destacaba en un momento en el que las anteras aún no estaban dehiscentes. Menos habitual fue observar una coincidencia de la receptividad del estigma con la liberación de polen. Según Davenport et al. (1994), la desecación del estigma está influenciada por varios factores entre los que encuentran la humedad, el viento y la radiación que impactan sobre las flores. En cambio, Sedgley (1980) vincula la extensión de la receptividad estigmática a una falta de adhesión de polen en el estigma durante las primeras 42 horas tras de la primera apertura causando una prolongación de la fase femenina en flores vírgenes. Ambas circunstancias junto con unas adecuadas condiciones de cultivo parecen extender la receptividad estigmática.

Los órganos secretores de néctar también han mostrado con frecuencia un comportamiento anormal. Normalmente, el néctar es segregado por los estaminodios durante el estado femenino y por los verdaderos nectarios durante el estado masculino (Ish-Am y Eisikowitch, 1991). Sin embargo, nosotros hemos observado que algunos nectarios comenzaban la secreción de néctar en la fase femenina y los estaminodios alargaron su producción de néctar hasta alcanzar la fase masculina, coincidiendo con la secreción de los verdaderos nectarios. Esto supone una mayor cantidad de néctar presente en ambas fases sexuales y por tanto, un mayor atractivo para la abeja (*Apis mellifera* L.) principal insecto polinizador en la zona. Por último, se han detectado distintas anomalías en las estructuras morfológicas de la flor, principalmente la transformación de tépalos (1-2) en estambres (Fig. 3A). Este fenómeno denominado estaminodía fue descrito por Schroeder cit. por Davenport (1986) y resultó poco usual en los cultivares estudiados. Puntualmente, se hallaron flores con estambres modificados a nectarios y dobles pistilos (Fig. 3B), que aunque derivaron inicialmente en frutos dobles, sufrieron casi siempre la abscisión y tuvieron escasa incidencia en la polinización.

CONCLUSIONES

Las diversas anomalías encontradas resaltan la estrecha relación existente entre la morfología y fisiología del ciclo floral del aguacate y las condiciones ambientales. Sin duda, toman mayor importancia los procesos de dobles aperturas en estado masculino, de permanencia de la receptividad estigmática durante la segunda apertura y de alteraciones en la producción de néctar. Estas desviaciones en general, suponen mayores atractivos para los insectos y nuevas oportunidades para la polinización. Esperamos que un estudio más profundo del ciclo floral y sus alteraciones puedan arrojar luz sobre los parámetros ambientales y endógenos que rigen la peculiar floración del aguacate.

BIBLIOGRAFÍA

AVILÁN L, RODRÍGUEZ M, RUIZ J 1995. Comportamiento floral de variedades de aguacate en Venezuela. *Agronomía Tropical* 46(3): 275-287.

DAVENPORT TL 1986. Avocado flowering. *Hort. Rev.* 8: 257-289.

DAVENPORT TL, PARNITZKI P, FRICKE S, HUGHES MS 1994. Evidence and significance of self-pollination of avocados in Florida. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119(6): 1200-1207.

FAOSTAT 2002. FAO Statistical Databases. <http://apps.fao.org>.

ISH-AM G, EISIKOWITCH D 1991. New insight into avocado flowering in relation to its pollination. *Calif. Avocado Soc. Yrbk.* 75: 125-137.

PAPADEMETRIOU MK 1976. Some aspects of the flowers behavior pollination and fruit set of avocado (*Persea americana* Mill.) in Trinidad. *Califor. Avocado Soc. Yrbk.* 59: 106-152.

ROBBERTSE H, KÖHNE S, MORUDU M, JOHANNSMEIERS M 1998. Pollination of avocado in South Africa. *Subtropical Fruit News*. Vol. 6. nº1. www.west.net/~lsrose/sub198/

SEDGLEY M 1977. The effect of temperature on floral behavior, pollen tube growth and fruit set in the avocado. *J. Hortic. Sci.* 52: 135-141.

SEDGLEY M 1980. Anatomical investigation of abscised avocado flowers and fruitlets. *Ann. Bot.* 46: 771-777.

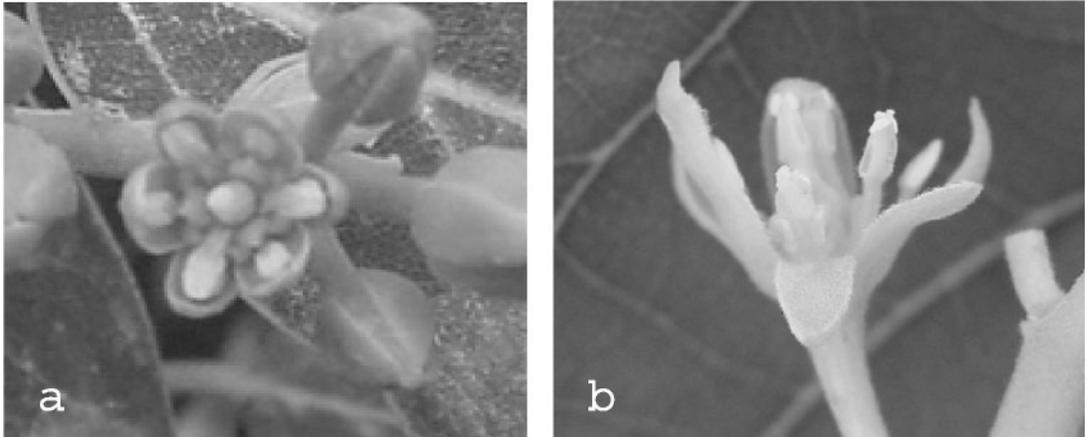


Figura 1. Aperturas anómalas. (a): Apertura incompleta en el estado femenino. (b): Apertura irregular en estado masculino.

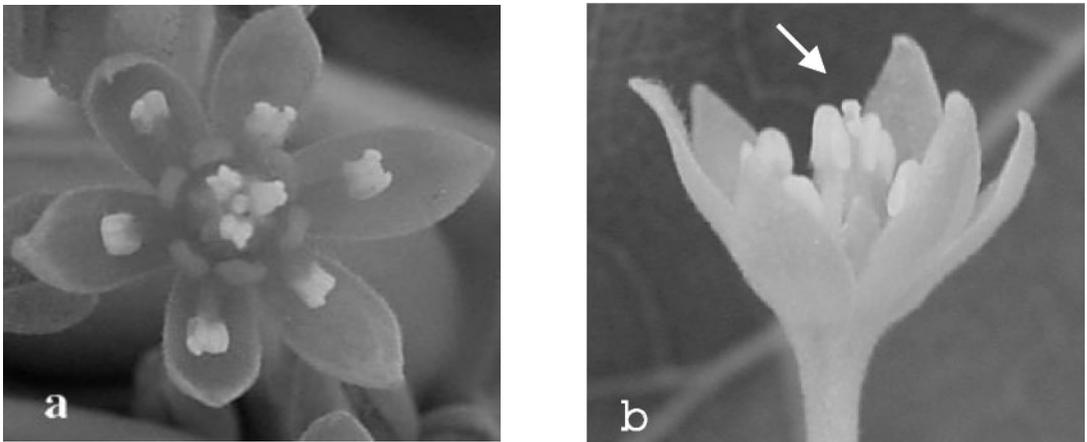


Figura 2. Anomalías fisiológicas al inicio de la fase masculina. (a) Adelanto de la dehiscencia de anteras. (b): Persistencia de un estigma aparentemente receptivo. Apréciase el estigma de color blanco y con aspecto fresco.

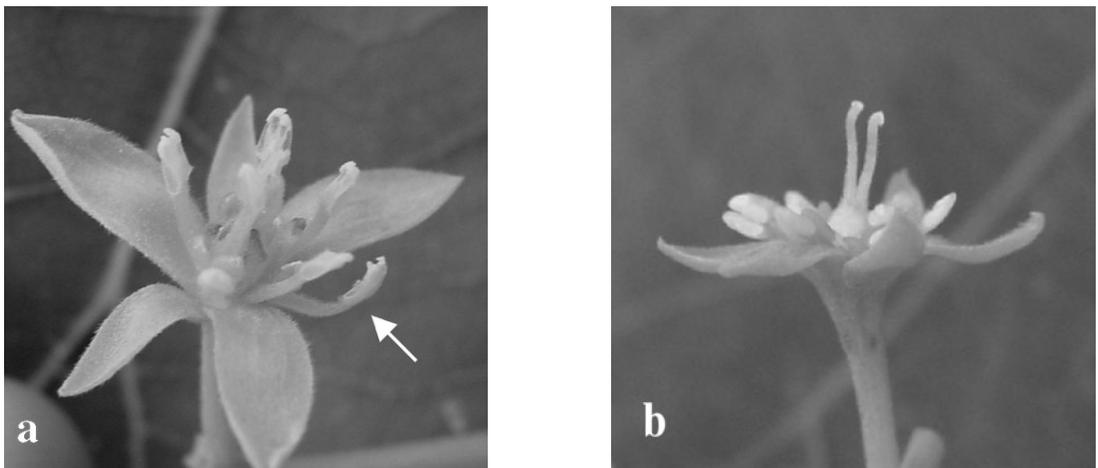


Figura 3. Anormalidades morfológicas de la flor (a): Conversión de tépalos a estambres. (b): Doble pistilo.