

## IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS ESTADOS FENOLÓGICOS-TIPO DEL AGUACATE (*PERSEA AMERICANA* MILL.).

C. Cabezas<sup>1</sup>, J.J. Hueso<sup>2</sup> y J. Cuevas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> **Dept. Producción Vegetal. Universidad de Almería. 04120 Almería. España.**  
**Correo electrónico: [jcuevas@ual.es](mailto:jcuevas@ual.es)**

<sup>2</sup> **Estación Experimental de Cajamar 'Las Palmerillas', Autovía del Mediterráneo, Km 419. El Ejido. 04710 Almería. España. Correo electrónico: [jhueso@cajamar.es](mailto:jhueso@cajamar.es)**

### RESUMEN

El aguacate es una especie preferentemente alógama que presenta un complejo mecanismo de polinización conocido como dicogamia sincronizada. Para facilitar el estudio de la floración y fructificación y el discurrir del ciclo floral del aguacate hemos descrito sus estados-tipo hasta ahora conocidos de un modo incompleto. El modelo fenológico propuesto presenta 10 estados desde la yema en latencia hasta el fruto tierno. El primer estado caracteriza a la yema en reposo, mientras que el segundo ilustra los cambios morfológicos asociados al abandono de este reposo. Cuatro estados describen a continuación el desarrollo de la inflorescencia. El estado de floración F resume la manifestación del proceso dicógamo, y contempla a su vez, 3 subestados femeninos y el primer cierre de la flor y 5 subestados masculinos y el cierre definitivo de la flor. La marchitez de tépalos marca la transición al estado de fruto. Los dos últimos estados fenológicos describen el fruto recién cuajado y el fruto tierno. La identificación y descripción de los estados-tipo ha resultado una herramienta útil para caracterizar la floración y detectar alteraciones y anomalías en 'Hass' y sus potenciales polinizadores.

**Palabras Clave:** estados-tipo, fenología reproductiva, ciclo floral, floración, polinizadores, 'Hass'

## INTRODUCCIÓN

El aguacate (*Persea americana* Mill.) es un frutal subtropical en proceso de creciente expansión en España. A pesar de que la mejora en las técnicas de cultivo ha favorecido un aumento de la producción, los rendimientos medios en España continúan siendo bajos (6,8 t/ha) (FAOstat, 2002). La peculiar floración del aguacate ha sido señalada en otros países como un factor importante en la consecución de un bajo nivel de cosecha. En este sentido, conocer el comportamiento floral del aguacate es esencial a fin de determinar sus requerimientos de polinización, potenciar un incremento de los rendimientos y asegurar el futuro del cultivo en España.

El aguacate presenta una floración muy peculiar. Esta especie es autocompatible pero manifiesta una dicogamia sincronizada, es decir, la maduración de los órganos sexuales femenino y masculino de la flor hermafrodita ocurre en distinto momento, haciéndolo en primer lugar los órganos femeninos. Basándose en su comportamiento floral los cultivares se clasifican en dos grupos, A y B, que complementan sus ciclos florales. Los cultivares del grupo A se comportan como femeninos por la mañana y como masculinos durante la tarde del día siguiente. Los cultivares tipo B presentan un ciclo floral complementario. En determinados ambientes, la interplantación de cultivares A y B maximiza la polinización y contribuye a un aumento de los rendimientos (Begh, 1969; Degani et al., 1989). Sin embargo, en otras latitudes se han detectado alteraciones en el desarrollo del ciclo floral que suponen solapes entre las fases femenina y masculina (Ish-Am y Eisikowitch, 1991; Davenport et al., 1994; Robbertse et al., 1998). En estas condiciones, el papel de los polinizadores se cuestiona haciendo necesario el estudio de la fenología y el desarrollo del ciclo floral de los principales cultivares. Hasta ahora, las descripciones de los estados-tipo del aguacate adolecían de notables carencias. El objetivo de este trabajo ha sido la identificación, selección y descripción completa de los estados-tipo del aguacate.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante el año 2001 en una plantación de la Estación Experimental 'Las Palmerillas' de El Ejido (Almería), ubicada a 2<sup>o</sup>43'W y latitud 36<sup>o</sup>48'N a una altitud de 155 msm. Las observaciones se realizaron sobre árboles del cultivar 'Hass' injertados sobre patrón Duke-7 y plantados en el año 1985. Las observaciones fueron semanales, excepto durante la floración cuando se realizaron durante tres días consecutivos desde las 9:00 hasta las 21:00. Las yemas, inflorescencias, flores y frutos fueron observados macroscópicamente y bajo binocular y los cambios más notables fueron analizados y descritos para seleccionar los estados más distintivos y significativos. Las observaciones obtenidas se ordenaron de acuerdo a su sucesión temporal.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La secuencia progresiva desde la yema latente hasta la definición del fruto tierno se resume en 10 estados-tipo, e incluye además diez subestados morfológicos de la floración que resumen el proceso dicógamo de la flor. El modelo propuesto se describe a continuación:

*Estado A – Yema en latencia:* Las yemas se muestran cerradas, son de forma aguda, de color amarillo-grisáceo y están cubiertas por escamas pubescentes visibles y no lignificadas. Estas yemas aparecen en los brotes del ciclo vegetativo anterior y pueden ser terminales o axilares en la parte superior del brote, siempre cercanas a la yema apical. (Fig 1A)

*Estado B – Yema hinchada:* Las escamas oscurecidas de las yemas se separan y extienden hacia el exterior. La yema se hincha y redondea como consecuencia de la morfogénesis de la inflorescencia. Las brácteas anaranjadas que protegen la inflorescencia se hacen visibles (Fig. 1B).

*Estado C – Aparece la inflorescencia:* Las brácteas de la inflorescencia se han abierto. Los botones florales de color verde pálido se aprecian entre las bracteolas amarillo-verdosas, que protegen los primordios de los racimos de la panícula y los botones florales (Fig. 1C).

*Estado D<sub>1</sub> – Botones florales. Eje secundario visible:* El eje primario y los ejes secundarios de la inflorescencia sufren su elongación y se hacen visibles. Los botones florales se diferencian individualmente pero se muestran agrupados en la panícula. Las bracteolas aún protegen los botones florales en los racimos de la panícula. En la base de la inflorescencia, permanecen las brácteas y escamas iniciales, algo más oscurecidas (Fig. 1D<sub>1</sub>)

*Estado D<sub>2</sub> – Botones florales. Eje terciario visible:* Se produce la elongación de los ejes terciarios de la inflorescencia. El eje primario y los ejes secundarios continúan su alargamiento. Los botones florales se separan y se reconocen los racimos en la panícula. Las bracteolas, presentes aún en la base de los ejes terciarios, se muestran extendidas hacia el exterior y desecadas (Fig. 1D<sub>2</sub>)

*Estado E – Botón amarillo:* Los ejes de la inflorescencia están completamente elongados y las flores diferenciadas en los racimos de la panícula. La mayoría de las bracteolas se han desprendido y, si las hay, se encuentran marchitas. Los tépalos de los botones florales son evidentes y presentan sólo en su extremo distal un leve viraje de verde a amarillo; dejan de estar fuertemente unidos (Fig. 1E).

*Estado F – Floración:* La antesis de las flores de la panícula se produce de forma escalonada y sincronizada. El estado F se divide a su vez en 10 subestados fenológicos donde cada flor realiza dos aperturas, una como estado femenino, expresado con el subíndice f, y desarrollado en 3 subestados, y otra en estado masculino, expresado con el subíndice m, y representado por 5 subestados diferentes. Entre ambas fases, se produce un cierre intermedio y por último, el cierre definitivo de la flor (subíndice c). A continuación se describen:

*Subestado F<sub>1f</sub> - Flor abriendo en fase femenina:* La antesis de la flor ha comenzado. Los tépalos se abren hasta un ángulo aproximado de 45°. El pistilo, de color blanco-verdoso, se muestra erecto y con el estigma fresco. Los estambres presentan un filamento corto y verde y se encuentran apoyados y protegidos sobre los tépalos. En las anteras blanquecinas se distinguen las valvas cerradas. Los estaminodios, de color amarillo, comienzan a segregar néctar (Fig. 1F<sub>1f</sub>).

*Subestado F<sub>2f</sub> - Flor abierta en fase femenina:* La flor está completamente abierta. Los tépalos se disponen en un plano perpendicular al eje de la flor. El pistilo continúa erecto con el estigma fresco. Los estambres, más cortos que los tépalos, se muestran flexionados sobre éstos y con las anteras no dehiscidas. Los estaminodios se encuentran erectos y segregan gran cantidad de néctar (Fig. 1F<sub>2f</sub>).

*Subestado F<sub>3f</sub> - Flor cerrando en fase femenina:* Los estambres con anteras no dehiscidas se levantan e inclinan hacia el centro de la flor hasta tocar el pistilo aproximadamente a un tercio de su longitud. A la par que los estambres, se levantan los estaminodios (que segregan poco néctar) y los nectarios. Un poco más retrasados, los tépalos empiezan a cerrar. El pistilo continúa erecto y el estigma fresco (Fig. 1F<sub>3f</sub>).

*Subestado F<sub>1c</sub> - Flor cerrada:* Los tépalos están completamente plegados protegiendo en su interior las estructuras reproductivas; En este subestado presentan mayor longitud que antes de su antesis y un leve viraje a amarillo. En la mitad de cada tépalo se observa un pequeño surco resultado de su plegamiento en la primera apertura (Fig. 1F<sub>1c</sub>).

*Subestado F<sub>1m</sub> - Flor abriendo en fase masculina:* La segunda apertura de la flor ha comenzado. Los tépalos más alargados que en la fase anterior abren hasta un ángulo de 45°. El estigma

comienza a oscurecerse. Los estambres del verticilo interior se encuentran erectos y alcanzan la altura del pistilo. Los estambres del verticilo exterior acompañan a cada tépalo en la apertura, curvados y distanciados del pistilo. Las anteras aún no están dehiscentes pero se distinguen las valvas de apertura. Los estaminodios y los nectarios se observan frescos aunque segregan poco néctar (Fig. 1F<sub>1m</sub>).

*Subestado F<sub>2m</sub> - Flor abierta en fase masculina. Anteras no dehiscentes:* La flor está abierta. Los tépalos amarillean y alcanzan la perpendicular al eje de la flor. Los estambres del verticilo exterior quedan a un ángulo de 45°. Las anteras continúan cerradas. Los estambres del verticilo interior permanecen unidos al pistilo. El pistilo permanece erecto pero el estigma se ha oscurecido (Fig. 1F<sub>2m</sub>).

*Subestado F<sub>3m</sub> - Flor abierta en fase masculina. Primera dehiscencia:* Las anteras de los primeros estambres abren sus valvas. Los tépalos continúan su despliegue más allá de la perpendicular al eje de la flor. Los nectarios se muestran levantados y segregan gran cantidad de néctar. Los estaminodios comienzan a marchitarse (Fig. 1F<sub>3m</sub>).

*Subestado F<sub>4m</sub> - Flor abierta en fase masculina. Dehiscencia completa:* La flor alcanza la apertura máxima. El verticilo exterior de tépalos se dobla hacia abajo, el verticilo interior permanece perpendicular al eje de la flor. Todos los estambres muestran sus anteras abiertas. El estigma aparece marchito. Los nectarios continúan frescos y segregando néctar. Los estaminodios se desecan (Fig. 1F<sub>4m</sub>).

*Subestado F<sub>5m</sub> - Flor cerrando en fase masculina:* La flor está cerrando. Primero se levantan los estambres del verticilo exterior hacia el pistilo y seguidamente los tépalos, ahora amarillos, se pliegan hacia el centro de la flor. El pistilo aparece sinuoso y con el estigma oscuro. Los nectarios han dejado de segregar néctar (Fig. 1F<sub>5m</sub>).

*Subestado F<sub>2c</sub> - Flor cerrada de forma definitiva:* La flor ha cerrado definitivamente. Los tépalos son largos y muestran en la mitad de su longitud las marcas de las dos aperturas anteriores. En el interior, los estambres han rodeado al pistilo y el ovario queda protegido (Fig. 1F<sub>2c</sub>).

*Estado G - Marchitez de tépalos:* Los tépalos se marchitan desde el ápice hacia la base. Las flores toman forma cónica. Las piezas verticiladas del interior permanecen agrupadas (Fig. 1G).

*Estado H - Cuajado.* El ovario de color verde engrosa en el centro de las flores que han sido polinizadas y fecundadas. El estigma y el estilo desecados aparecen unidos al extremo superior del ovario. Las restantes piezas florales, también marchitas, se abren forzadas por el crecimiento del ovario. Los restos del androceo aún persisten (Fig. 1H).

*Estado I. -Fruto tierno.* Los restos de tépalos y androceo se han desprendido y el pedúnculo del fruto ha engrosado. La expansión de la pequeña baya da lugar a un fruto de forma piriforme, globosa u ovalada con un número variable de lenticelas en su epidermis según cultivar (Fig. 1I).

El modelo anteriormente descrito integra las carencias existentes en las propuestas conocidas hasta ahora. A su vez, adquiere sencillez y resulta práctico desde el punto de vista técnico para el agricultor. Para la anterior descripción y selección de estados-tipo nos hemos servido de los antecedentes previos. En este sentido ha sido de utilidad la propuesta de Aubert y Lossois (1972) quienes describieron 13 estados fenológicos repartidos en tres periodos: 5 estados para la fase vegetativa, 5 estados para la floración y 3 estados de fructificación. Sin embargo, la escala gráfica de este modelo no clarifica la evolución de dichos estados y excluye el proceso dicógamo. Por su parte, Salazar-García et al. (1998) plantean una escala macroscópica y microscópica de 11 estados desde la yema cerrada hasta la antesis. Esta escala relaciona el aspecto externo de las

yemas con el grado de desarrollo del meristemo floral, pero no refleja la evolución de los estados femenino y masculino de la flor, ni los estados de fruto cuajado. El detalle de esta propuesta es de utilidad para estudios de morfogénesis floral pero dificulta la diferenciación de estados y por tanto su aplicación en campo. Por su parte, Ish-Am y Eisikowitch (1991) se limitan a los subestados morfológicos del ciclo floral, coincidiendo su propuesta con nuestras observaciones. No obstante, nuestro modelo introduce un subestado para la fase masculina ( $F_{1m}$ ) que diferencia dos flores abriendo en distinto estado sexual.

## CONCLUSIONES

La evolución de la yema en latencia hasta el fruto tierno en el aguacate se describe en 10 estados-tipo. El estado de floración resume el proceso dicógamo en 3 subestados y el primer cierre en la etapa femenina, y 5 subestados y el cierre definitivo en la etapa masculina. La elaboración de los estados-tipo del aguacate estimamos servirá de ayuda en futuros trabajos para la determinación de alteraciones en el ciclo floral y solapes entre los estados sexuales, su duración y efectos.

## BIBLIOGRAFÍA

- AUBERT B, LOSSOIS S 1972. Considérations sur la phénologie des espèces arbustives. *Fruits* 27 (4): 269-286.
- BEGH BO 1967. Reasons for low yields of avocado. *Calif. Avocado Soc. Yrbk.* 51:161-172.
- 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.
- DEGANI C, GOLDRING A, GAZIT S 1989. Pollen parent effect on outcrossing rate in 'Hass' y 'Fuerte' avocado plots during fruit development. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114(1): 106-111.
- FAOSTAT 2002. FAO Statistical Databases. [http:// apps.fao.org](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.
- 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/](http://www.west.net/~lsrose/sub198/)
- SALAZAR-GARCÍA S, LORD EM, LOVATT CJ 1998. Inflorescence and flower development of the 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill.) during 'on' and 'off' crop years. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123: 537-544.

## ESTADOS FENOMENOLÓGICOS-TIPO DEL AGUACATE



A Yema en latencia



B Yema hinchada



C Aparece la inflorescencia



D1 Botones florales  
Visible eje secundario



D2 Botones florales  
Visible eje terciario



E Botón amarillo

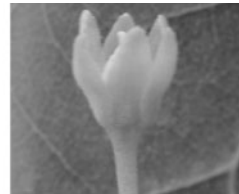
### Fase femenina



F<sub>1f</sub>



F<sub>2f</sub>



F<sub>3f</sub>



F<sub>1c</sub>

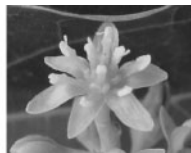
### Fase masculina



F<sub>1m</sub>



F<sub>2m</sub>



F<sub>3m</sub>



F<sub>4m</sub>



F<sub>5m</sub>



F<sub>2c</sub>

### Floración



G Marchitez de tépalos



H Cuajado



I Fruto tierno

Figura 1. Resumen de los estados fenológicos-tipo del aguacate.