

VECTORES DE POLINIZACIÓN DEL AGUACATE EN EL SURESTE ESPAÑOL

C. Cabezas y J. Cuevas

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

En su lugar de origen el aguacate es polinizado por pequeñas abejas sin aguijón, mientras que en las nuevas áreas de cultivo, la polinización del aguacate se realiza fundamentalmente por abejas. Algunos autores, sin embargo, sugieren que el viento puede contribuir a la polinización del aguacate en aquellas zonas donde las fases femenina y masculina de la flor se solapan. Este argumento se sostiene en la prolongación de la receptividad estigmática que ofrece oportunidades tanto a la autogamia (autopolinización dentro de una misma flor) como a la geitonogamia (autopolinización ente flores del mismo árbol). En este estudio se analiza la importancia de la polinización llevada a cabo por insectos de diferente tamaño y por el viento, comparando la adhesión de polen y el cuajado de frutos en flores expuestas a la polinización libre, en ramos embolsados con bolsas microperforadas que permiten el acceso de pequeños insectos y en ramos herméticamente cerrados donde tan sólo el viento podría provocar alguna transferencia de polen. Los resultados indican que en el SE español tan sólo la actividad de abejas y abejorros permite el cuajado de frutos. Aunque la actividad de trips causó cierto nivel de polinización, los frutitos inicialmente cuajados cayeron pronto. Por el contrario, las flores embolsadas con papel de seda no adhirieron polen alguno y no cuajaron fruto. Por todo lo anterior se recomienda la introducción de colmenas para la polinización del aguacate en el SE español.

Palabras clave: polinización, abejas, abejorros, trips, anemofilia, cuajado de frutos.

AVOCADO POLLINATORS IN SOUTHEAST SPAIN

C. Cabezas and J. Cuevas

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

In its native place, avocado original pollination vectors are stingless bees. In most areas of recent cultivation, avocado pollination is mainly performed by regular bees. However, some authors suggest that wind may play a role in avocado pollination in areas where female and male flower phases partially overlap. This argument is maintained in the stigma receptivity prolongation which offers chances to autogamy (self-pollination) and geitonogamy (pollination of a flower by another flower of the same flowering plant), driven by wind. In this work we have explored the importance of large and small insects and wind as avocado pollinators in South East Spain.

To do so, we compared pollen adhesion and the resulting fruit set in control flowers freely exposed with those produced in flowers bagged either with micro perforated plastic (allowing wind and small insects to enter) or with tissue paper (excluding all kind of insects). The results show that in our cultivation area only the activity of honey and bumble bees allows fruit set. The activity of thrips caused certain levels of pollen deposition on the stigmas and an initial swelling of avocado flower ovary, however, fruitlets soon abscised. The flowers enclosed in paper bags did not have pollen grains on the stigmas nor set any fruit. An introduction of commercial hives is therefore strongly recommended to achieve avocado pollination in South East Spain.

Key words: pollination, bees, bumble bees, trips, wind, fruit set.

INTRODUCCIÓN

El aguacate (*Persea americana* Mill.) es un frutal con una singular floración. Esta especie presenta flores hermafroditas con un sofisticado proceso dicógamo, en el que las flores abren primeramente como femeninas y tras un cierre intermedio, realizan una segunda apertura como masculinas. La polinización es posible gracias a que sus cultivares (tipo A y B) complementan su ciclo floral entre si. Este mecanismo realizado de forma estricta en su zona de origen favorece la polinización cruzada. Sin embargo, en el Sureste Español las condiciones climáticas durante la floración posibilitan breves solapes de las fases sexuales femenina y masculina en un porcentaje reducido de flores (Martínez et al, 1999, Cabezas, 2003) que podrían justificar el extendido uso de plantaciones monovarietales de aguacate en España.

La estructura de las flores, junto a la presencia de órganos secretores de néctar (nectarios y estaminodios), atrae diferentes insectos polinizadores. En otras latitudes, diversas especies de pequeñas abejas sin aguijón de la subfamilia Meliponinae son los principales insectos polinizadores del aguacate (Gazit y Degani, 2002). En España, la cercanía de las plantaciones de aguacate a zonas de montaña y a cultivos hortícolas bajo abrigo permiten frecuentes visitas a las flores de abejas (*Apis mellifera* L.) y trips (*Frankliniella occidentales* P.)

(Cabezas, 2003). Algunas especies de abejorro (*Bombus terrestris* y *Bombus occidentalis*) también han sido utilizadas en aguacate como polinizadores por su rusticidad (Neil y Pidduck, 2003), mayor radio de acción (Ish-Am et al, 1998) y efectos positivos sobre el tamaño del fruto (Cuevas y Cabezas, 2005). En zonas de clima fresco, Davenport (1998) indica que el viento juega un papel importante en la dispersión de polen dentro de una misma flor, o entre flores de un mismo árbol, considerando secundaria la actividad de los insectos.

Este estudio se estableció con el fin de valorar la efectividad del viento y de los insectos que visitan las flores del aguacate en el proceso de polinización y en el cuajado de frutos en el cultivar 'Hass' en las condiciones del Sureste Español.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron en una parcela multivarietal de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar en El Ejido (Almería, España). El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con tres tratamientos: polinización libre, polinización parcialmente aislada con bolsas microperforadas y polinización en ramos aislados con bolsas herméticas de papel de seda.

De la comparación se pretende obtener información sobre la relevancia de los diferentes vectores de polinización. En el tratamiento de polinización libre no hubo restricción alguna, y las flores podían recibir polen transportado por insectos y viento. Las bolsas microperforadas presentaban un diámetro de poro de 400 μm , y 28 poros por cm^2 . El tamaño del polen de aguacate se sitúa entre 30 y 40 μm , lo que permite la anemofilia en estas condiciones. Insectos de pequeño tamaño, como trips, accedieron igualmente al interior de las bolsas. El embolsado con papel de seda procura hermeticidad y limita la polinización a la efectuada dentro de la misma flor (autogamia), como a la producida entre flores del mismo ramo (geitonogamia) cuando el viento agita los ramos. El embolsado de los ramos se mantuvo entre el estado fenológico E (botón amarillo) y el estado fenológico G (marchitez de tépalos) (Cabezas et al, 2003a).

Las repeticiones fueron cuatro y estuvieron constituidas por árboles del cultivar 'Hass' con floración abundante seleccionados al azar. Los árboles actuaron como bloques. No se introdujeron colmenas en la parcela, aunque los árboles estaban en la vecindad de invernaderos que usan abejas y abejorros como polinizadores y sufren frecuentes ataques de trips.

Sobre estos árboles se determinó la adhesión de polen y el cuajado de frutos. La adhesión de polen se calculó por el número de granos de polen adheridos por flor y por el porcentaje de flores que presentaban granos de polen adheridos. Para ello, se muestrearon al azar 48 flores por tratamiento en los subestados de cierre femenino (F1c) y masculino (F2c) (Cabezas et al, 2003a). El cuajado de frutos se cuantificó en cada tratamiento sobre 8 ramos fructíferos para cada

tratamiento, como el número de frutitos por ramo a los 35 días (cuajado inicial) y 70 días (cuajado final) después de la plena floración. A estos resultados se les aplicó un análisis de la varianza y el test de rango múltiple Duncan para la separación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El aislamiento parcial o completo de las flores a la actividad de insectos supuso diferencias significativas en la transferencia de polen al estigma de las flores (Tabla 1). Las flores expuestas a la polinización libre presentaron una media de tres granos de polen por flor. Esos granos de polen se observaron germinados en una proporción importante bajo microscopía de fluorescencia (Figura 1). Estas flores fueron visitadas con frecuencia por abejas (*Apis mellifera*) (Figura 2a) y en menor medida por hormigas (*Formica* sp), moscas (*Musca domestica*) y abejorros (*Bombus terrestris*) (Figura 2b). El aislamiento de las flores con bolsas microperforadas limitó el número de granos de polen adheridos (0.6 granos de polen/flor). En estas bolsas fue, no obstante, muy común observar la presencia de trips (*Frankiniella occidentalis*) muy activos (Figura 3a). El mayor aislamiento para las flores que supuso el embolsado con papel de seda redujo por completo la transferencia de polen (Tabla 1). En estas bolsas no se observó insecto alguno lo que confirma el total aislamiento de las flores. La hermeticidad de estas bolsas limitó además la transferencia de polen a la que ocurriera entre flores del mismo ramo dependiendo para ello del movimiento de la vegetación debido al viento.

En los tratamientos de polinización libre y parcialmente aislada se ha observado un incremento en el porcentaje de flores con granos de polen adheridos al final de la fase masculina con respecto al final de la fase femenina. Ello implica una cierta deposición de polen durante la fase masculina. El incremento fue proporcionalmente mayor en las flores visitadas por trips. Las condiciones climáticas en nuestra región producen ocasionalmente una extensión de la receptividad estigmática a las primeras etapas de la fase masculina especialmente al inicio de la floración cuando las temperaturas son más suaves (Cabezas et al, 2003b). Este solape facilita cierto nivel de autopolinización que explicaría estos resultados. Diferentes autores han observado también adhesión de polen durante la fase masculina (Davenport, 1989; Sedgley, 1977). Sin embargo, Sedgley (1977) señala que los granos de polen adheridos durante la fase masculina no llevan a cabo la fecundación.

El aislamiento parcial o completo de las flores a insectos polinizadores no tuvo efectos significativos sobre el cuajado inicial de frutos ($p=0.13$). Aunque el tratamiento de polinización libre obtuvo un número de frutitos por ramo algo mayor que los ramos embolsados, los tratamientos con polinización limitada presentaron sorprendentemente un elevado número de frutitos inicialmente cuajados (Tabla 1). Todos los árboles se comportaron de un modo similar y no hubo efecto del bloque ($p=0.13$).

Las diferencias en el cuajado final de frutos fueron, sin embargo, muy significativas ($p<0.01$) e importantes entre tratamientos. La separación de medias expresa que sólo el tratamiento de polinización libre garantiza el cuajado de

frutos final. En los tratamientos de embolsado con papel microperforado y de seda, ninguno de los frutos que inicialmente crecieron llegó a alcanzar el cuajado final. No hubo aquí tampoco efecto del bloque (árbol) ($p=0.45$). La diferente respuesta a los tratamientos en el cuajado inicial versus cuajado final de frutos sugiere que subraya la estimación del cuajado de frutos a los 35 días no es adecuada en nuestro clima.

Los resultados en su conjunto señalan que solamente aquellos ramos sometidos a la polinización libre, es decir, a la actividad de abejas y abejorros, mostraron niveles adecuados de polinización y cuajaron fruto. En todos los ramos fructíferos del cultivar 'Hass' donde insectos de tamaño medio desarrollaron actividad polinizadora, algunos frutos alcanzaron el cuajado final (estado fenológico I), hecho que no sucedió en los ramos que fueron aislados mediante embolsado. Por tanto, el desarrollo final del fruto sólo es posible cuando se intensifica la polinización de las flores debido a la actividad de estos insectos. Diversos autores opinan que el polen del aguacate es pegajoso y pesado y que un transporte eficiente al estigma sólo es posible a través de insectos polinizadores (Robbertse et al, 1998; Visscher y Sherman, 1998). La presencia conjunta de abejas y abejorros parece proporcionar además una polinización más eficaz, con mayores niveles de adhesión y germinación de polen en el estigma (Ish-Am y Eisikowitch, 1998; Cuevas y Cabezas, 2005).

Cuando los ramos eran sometidos a una polinización parcial, donde sólo accedían insectos pequeño tamaño, fueron observadas numerosas colonias de trips (Figura 3a). En este tratamiento, aunque existió adhesión de polen en las flores, el número de granos de polen adheridos al estigma fue bajo, lo que confirma la poca eficacia polinizadora de este insecto. La mayoría de los frutos inicialmente cuajados también cayeron, aunque algunos desarrollaron frutos deformes de pequeño tamaño que no fueron computados por no ser comerciales (Figura 3b). Hoddle (2001) considera al trip como un mero consumidor de polen en las plantaciones de aguacate. Lovatt (1990) ha observado además que gran parte de este polen llega dañado al estigma, lo que puede favorecer el desarrollo inicial del ovario, pero que resulta insuficiente, no obstante, para alcanzar la madurez. Hay que resaltar que la temperatura en el interior de las bolsas de papel de seda y microperforadas no difieren significativamente de las temperaturas del exterior (Del Río y Caballero, 1999).

Por último, los resultados también señalan que el aislamiento completo de ramos a insectos polinizadores (embolsado con papel de seda), limita por completo el transporte del polen hacia el estigma y aunque se observó un desarrollo inicial del ovario, los frutitos sufrían una caída temprana. Sedgley (1980) también observó en el cultivar 'Hass' numerosos frutitos que se desarrollaban inicialmente sin haberse producido la fecundación. Flores sin óvulos funcionales pueden producir frutos partenocárpicos bajo condiciones ambientales especiales gracias a estímulos hormonales (Tomer et al, 1980). En nuestro caso, aunque la expansión del ovario tuvo lugar, sin el estímulo secundario que emana de la semilla tras la fecundación resultó poco probable que estos frutitos completaran su desarrollo. Ciertamente el embolsado hermético limita el transporte de polen

por viento, pero el hecho de que en los ramos microperforados tampoco cuajara fruto sugiere una escasa importancia del viento como agente dispersor del polen de aguacate en nuestras condiciones de cultivo. Ello a pesar de que nuestros resultados indican que la receptividad del estigma se mantuvo por algún tiempo durante la fase masculina (Tabla 1).

CONCLUSIONES

El aguacate se ha comportado en nuestras condiciones de cultivo como una especie netamente entomófila. La abeja (*Apis mellifera* L.) y el abejorro (*Bombus terrestris*) aparecen como los principales insectos polinizadores de las flores del aguacate en el Sureste Español. En presencia de estos insectos se obtuvieron mayores niveles de adhesión de polen en el estigma y cuajado final del fruto. *Frankliniella occidentalis* parece capaz de trasladar polen a cortas distancias, pero su escasa efectividad polinizadora determina niveles de cuajado final de fruto inaceptablemente bajos. Las flores de los ramos en los que la actividad de los insectos fue excluida no presentaban polen adherido ni cuajaron fruto, lo que sugiere un papel insignificante del viento como vector de polinización del aguacate en España.

AGRADECIMIENTOS

La Fundación Cajamar cedió amablemente sus instalaciones y material vegetal y concedió una beca al primer autor.

BIBLIOGRAFIA

- CABEZAS, C. 2003. Polinización y fecundación en el cv. 'Hass' de aguacate (*Persea americana* Mill.). Proyecto Fin de Carrera, Universidad de Almería.
- CABEZAS, C., HUESO, J.J. Y CUEVAS, J. 2003a. Identificación y descripción de los estados fenológicos-tipo del aguacate (*Persea americana* Mill.). Actas V Congreso Mundial del Aguacate 1: 237-242.
- CABEZAS, C., HUESO, J.J. Y CUEVAS, J. 2003b. Anomalías morfológicas y fisiológicas del ciclo floral del aguacate en la Costa de Almería. Actas V Congreso Mundial del Aguacate 1: 231-236.
- CUEVAS, J. Y CABEZAS, C. 2005. Eficiencia polinizadora del abejorro (*Bombus terrestris* L.) en el cultivar 'Hass' de aguacate (*Persea americana* Mill.). Actas Portuguesas de Horticultura 6: 116-121.
- DAVENPORT, T.L. 1989. Pollen deposition on avocado stigmas in Southern Florida. *HortScience* 24: 844-845.
- DAVENPORT, T.L. 1998. What is there in no pollinator?. *Subtropical Fruit News* 6: 15-17
- DEL RÍO, C. Y CABALLERO, J.M. 1999. A new bag for olive pollination studies. *Acta Hort.* 474: 233-236
- GAZIT, S. Y DEGANI, C. 2002. Reproductive biology in avocado. En: A.W. Whiley, B. Schaffer y B.N. Wolstenholme (eds.), *Avocado: botany, production and uses*. CABI Publishing Wallingford: 101-133.
- HOODLE, M.S. 2001. Avocado thrips Subproyect 1: Laboratory studies on biology, field phenology, and foreign exploration. California Avocado Commission. www.avocado.org/growers.phtml.

- ISH-AM G., REGEV Y., PETERMAN Y., LAHAV E., DEGANI C., EL-BATSRI R., Y GAZIT S. 1998. Improving avocado pollination with bumblebees: three season's summary. Calif. Avoc. Soc. Yrbk 82: 119-135.
- ISH-AM, G. Y EISIKOWITCH, D. 1998. Low attractiveness of avocado flowers to honeybees limits fruit set in Israel. J. Hortic. Sci. and Biotech. 73: 2. Resumen.
- LOVATT, C.J. 1990. Factors affecting fruit set/early fruit drop in avocado. Calif. Avoc. Soc. Yrbk. 74: 193-199.
- MARTÍNEZ, D., CUEVAS, J., LORENTE, N. Y GONZÁLEZ, C. 1999. Elección de polinizadores para el cultivar de aguacate 'Hass' en la Costa de Almería. Actas de Horticultura 26: 132-137.
- MCNEIL, R. Y PIDDUCK, W. 2003. The effectiveness of the western bumblebee in pollinating Hass avocado trees. Actas V Congreso Mundial del aguacate 1: 253-256.
- ROBBERTSE, H., KÖHNE, S., MORUDU, M. Y JOHANNSMEIERS, M. 1998. Pollination of avocado in South Africa. Subtropical Fruit News. Vol. 6. nº1.
- SEDGLEY, M. 1977. Reduced pollen tube growth and the presence of callose in the pistil of the male floral stage of the avocado. Scientia Hort. 14: 27-33.
- SEDGLEY, M. 1980. Anatomical investigation of abscised avocado flowers and fruitlets. Ann. Bot. 46: 771-777.
- TOMER, E., GAZIT, S. Y EISENSTEIN, D. 1980. Seedless fruit in 'Fuerte' and 'Ettinger' avocado. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105(3): 341-346.
- VISSCHER P.K. Y SHERMAN, G. 1998. Insect visitors to avocado flowers. Subtropical Fruit News 6: 7-10

Tabla 1. Adhesión de polen y cuajado de frutos en ramos fructíferos del cultivar 'Hass' sometidos a polinización libre y parcial o completamente aislados mediante embolsado con bolsas microperforadas o herméticas.

Tratamiento	Flores con adhesión de polen (%)		Granos polen/estigma	Cuajado inicial (frutos/ramo)	Cuajado Final (frutos/ramo)
	♀	♂			
	F _{3f}	F _{4m}			
Polinización libre	42	54	3.0	47.2	1.5
Aislamiento parcial	20	32	0.6	25.1	0.0
Aislamiento total	0	0	0.0	33.0	0.0

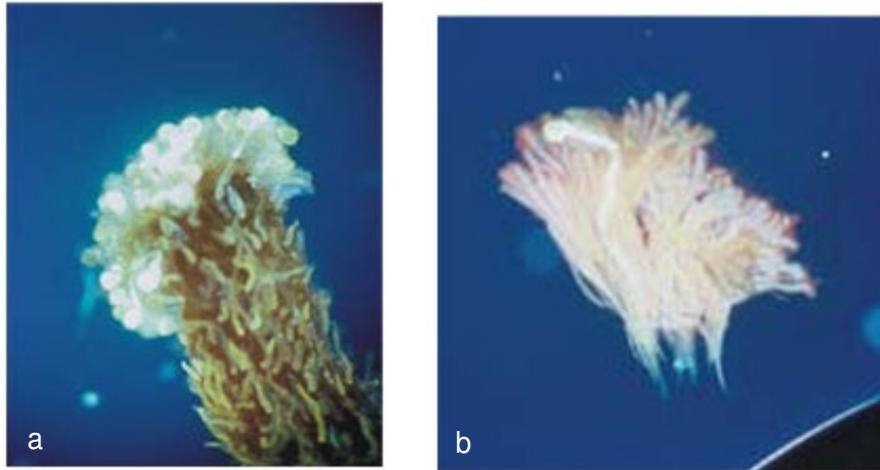


Figura 1. (a). Polen germinado sobre el estigma en el tratamiento de polinización libre. (b). Crecimiento del tubo polínico.

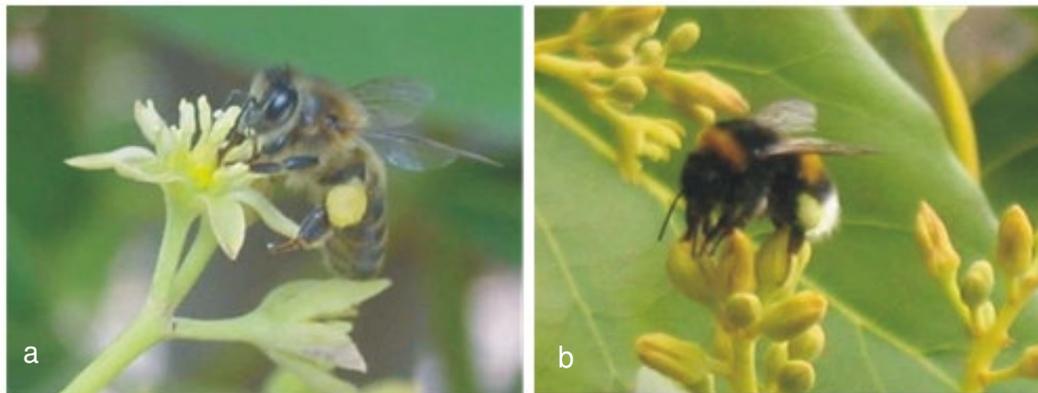


Figura 2. Abeja (a) y abejorro (b) visitando flores en el tratamiento de polinización libre. Obsérvese la carga de polen la corbícula.

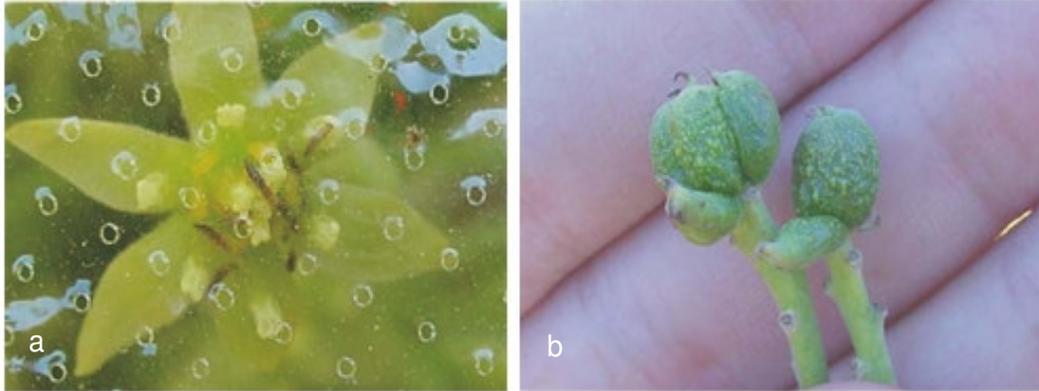


Figura 3. Aislamiento parcial de ramos. (a) Colonia de trips (*Frankiniella occidentalis*) en el embolsado microperforado. (b) Frutos pequeños y deformes que no completan su desarrollo final.

