



AVANCES TÉCNICOS

322

Cenicafé

Gerencia Técnica / Programa de Investigación Científica / Abril de 2004

POLINIZACIÓN Y OBTENCIÓN DE SEMILLAS DE MARACUYÁ DE BUENA CALIDAD

J. Arthemo López R¹, Felipe Maglodyen Tacan Pinchao²

La polinización es el traslado del polen desde la antera (órgano masculino) hacia el estigma (estructura femenina) de las flores. Una vez en el estigma, el polen se adhiere, germina y produce un tubo polínico que crece en dirección al ovario; el gameto masculino pasa a través del tubo y se une al gameto femenino (ovocélula) para formar un huevo o cigoto. De esta manera se desarrolla el fruto, el cual contiene las semillas.

La polinización determina la calidad y la eficiencia en la producción de frutos. Una inadecuada polinización puede dar como resultado bajos

rendimientos en la producción y un alto porcentaje de aborto de frutos, o frutos de inferior calidad.

En el maracuyá (*Pasiflora edulis*), cuanto más rápido ocurra la polinización después de la apertura floral, mayor es la probabilidad de que el óvulo quede fertilizado y comience el desarrollo de la semilla. En las anteras, a medida que pasa el tiempo, el polen puede "perderse" por depredación, el viento, la gravedad, o puede deteriorarse por altas temperaturas, baja humedad o desecación.



¹ Investigador Científico III. ETIA. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafe, Chinchiná, Caldas.

² Ingeniero Agrónomo, estudiante (pasantía) de la Universidad de Nariño.

Existen dos clases de polinización: **la autopolinización y la polinización cruzada.**

La autopolinización o autogamia, ocurre cuando los estigmas de las flores entran en contacto con el polen de sus propias anteras. Esta situación se da en flores pequeñas y en aquellas que están muy juntas, como en el caso de los cereales.

La polinización cruzada o xenogamia, ocurre cuando el polen es transportado desde una flor hasta el estigma de otra de la misma clase. Dentro de la polinización cruzada se establece una subdivisión entre:

- Geitonogamia, cuando el polen de una flor es trasladado al estigma de otra flor de la misma planta.
- Polinización cruzada auténtica, cuando el polen es llevado al estigma de una flor de una planta diferente que pertenece a la misma especie. Este tipo de polinización es característico de las Passifloraceas (2, 3).

Este proceso puede realizarse fundamentalmente de las siguientes maneras:

Polinización zoófila. La realizan animales como: insectos (polinización entomófila), pájaros (polinización ornitófila), murciélagos (quiropterofilia), entre otros, que transportan el polen de una flor a otra en su cuerpo (2).

Polinización anemófila. Cuando el viento es el

encargado de transportar el polen. Tiene lugar en plantas de flores poco vistosas pero que producen gran cantidad de polen, como los pinos (2).

Las flores del maracuyá (*P. edulis*) son hermafroditas, pero autoincompatibles y requieren de la polinización cruzada para la fructificación. Sus flores grandes, vistosas, de colores fuertes, aroma intenso, polen denso y néctar en abundancia en la base de la corona, facilitan el proceso de la polinización cruzada (1, 3, 4).

Las flores de las passifloras presentan particularidades morfológicas como: cinco pétalos y cinco sépalos, matizados pero con predominio del blanco. Poseen una corona extraestaminal bien desarrollada muy llamativa a los polinizadores (Figura 1). Sus flores son ricas en néctar.

Después de los pétalos que forman la corola se observa la corona de lígulas o pelos gruesos de color y tamaño variables, con rayas multicolores que atraen a los polinizadores (1, 3, 4).

Las flores tienen un androginóforo prominente. Los órganos sexuales masculinos están formados por cinco grandes y llamativos estambres. Los órganos sexuales femeninos están constituidos por un estigma dividido en su extremo superior en tres estructuras claviformes (5, 6).

La fase de antesis es rápida y sincronizada. Después de la apertura, los estigmas se doblan hasta que la superficie del estigma queda al mismo nivel de las anteras. El tiempo desde la apertura de la flor hasta la curvatura de los filamentos es de 90 minutos (6). Las flores abren solamente una vez (entre las 12 y 18 horas y se



Figura 1. Estructuras reproductivas de la flor del maracuya *P. edulis*

cierran al anochecer; y si no son fertilizadas, se secan y caen.

En maracuyá ocurren 3 tipos de flores respecto a la curvatura del estilo: a) TC (curvada totalmente); b) PC (curvada parcialmente), y c) SC (vertical-labrado). Las flores TC son las más frecuentes. De esta forma, los estigmas curvados están en posición para ser tocados por los insectos polinizadores (Figura 2), lo que facilita la retención de los granos de polen para que inicie el proceso de germinación, es decir, el desarrollo del tubo polínico (1, 5, 6).

El proceso de apertura floral del maracuyá *P. edulis*; dura entre 45 y 60 minutos, y depende de las condiciones de luminosidad y temperatura.

Mientras más demore en abrirse la flor y mayor sea el tiempo para que los filamentos logren la curvatura adecuada, menor será el período efectivo para la polinización, debido a que el estigma solamente es receptivo el día de la apertura de la flor.

Nishida citado por Silva *et al.* (6), menciona que la principal causa de la caída de las flores del maracuyá y la consecuente reducción de la producción, es la no ocurrencia de la polinización. En condiciones naturales, la polinización es del 12%, en tanto que con programas de polinización manual, se han logrado porcentajes del 78%.

Investigaciones realizadas en Brasil por Roggeiro *et al.* citados por Silva *et al.* (6), concluyeron que la polinización anemófila en maracuyá tiene muy poca importancia debido al peso del grano de polen, que dificulta su transporte.



Figura 2. Flor tipo TC; se aprecian los estigmas curvados, muy cerca a los estambres.

ABEJAS POLINIZADORAS

En el sistema natural, los mecanismos de interacción son tan variados como especies a polinizar y polinizadores existen en la naturaleza. Para simplificar, pueden considerarse dos grandes grupos de abejas: **I) Las abejas solitarias (abejorros)**, que viven independientes (Ej. *Xylocopa spp*) cuyos patrones de forrajeo se rigen fundamentalmente por predictores de tipo proteínico (polen). **II) Las abejas sociales**, las cuales viven en enjambres (como *Apis mellifera*), cuyo comportamiento de forrajeo responde principalmente al balance energético (néctar).

Para el caso del maracuyá y la mayoría de las pasifloráceas, se reporta (1, 6) que la polinización cruzada se logra con polinizadores como los abejorros del género *Xylocopa* (Hymenoptera, Anthophoridae). Por lo general, son especies gran-

des que pueden alcanzar hasta 4 mm de largo, están desprovistos de pelos en el dorso; solamente se dan 2 generaciones por año y el número de individuos producidos por hembra varía entre 2 y 8 (6).

Comparados con otros insectos polinizadores, como las abejas del género *Apis*, los abejorros son más efectivos porque son más grandes y logran un mejor contacto con el estigma y los estambres (Figura 3), y pueden visitar un mayor número de plantas por vuelo, es decir, más flores por minuto (6).

Se creía que *Apis mellifera* cumplía un importante papel en la polinización de las pasifloras, pero estudios realizados por Nishida citado por Silva *et al.* (6), permitieron determinar que con el aumento de la población de *Apis mellifera*, se reduce

la fructificación en cultivos comerciales de maracuyá. Esto se debe a que esta especie es consumidora de polen, pero por su tamaño pequeño, no es eficiente para dejar el polen sobre los estigmas. En las zonas productoras de maracuyá se les denomina “robadoras” de polen (5).

Trabajos realizados por Silva *et al.* (6), indican que existe una relación directa entre el número de visitas del abejorro del género *Xylocopa* y el porcentaje de frutos. Cuando las flores recibieron 7 visitas del polinizador, se logró un 82% de frutos formados. Esto indica que para que la polinización sea efectiva, la flor requiere una cantidad óptima de granos de polen. Akamine y Girolami citados por Silva *et al.* (6), hacen referencia a que el número mínimo de granos de polen para garantizar la formación de frutos de maracuyá, es de 190.



Figura 3. Se aprecia la parte frontal del insecto, impregnada de polen por el contacto con el estambre.

RELACIONES ENTRE POLINIZADORES Y PLANTAS

En las flores han ocurrido modificaciones estructurales que aseguran su polinización; algunas han llegado incluso a establecer una relación muy especial con insectos y otros animales. Estas flores atraen a los insectos por su color, aroma y néctar. Sus estambres están situados en una posición determinada, de forma tal que los insectos tengan que frotarse contra ellos para que el polen se fije a los pelos de sus cuerpos. Los estigmas son pegajosos o vellosos lo cual facilita la captura del polen y están en una posición estratégica de forma que los insectos visitantes tengan que restregarse contra ellos (6). Una vez obtenida su recompensa (polen o néctar), el insecto se va hacia otra flor con el cuerpo cargado de polen con el cual polinizará la flor que ha de visitar.

Estudios de Caicedo *et al.* (1), en el Valle del Cauca, relacionados con el abejorro carpintero (*Xylocopa spp.*), indican que el 72% de la

actividad diurna lo destina en vuelos de búsqueda de flores; el 5% alimentándose sobre estructuras no polinizables y el 23% alimentándose sobre flores polinizables (2,75 horas/día). Mediante la polinización manual, un hombre poliniza 100 flores en medio día

El tiempo de libación de estos abejorros es de 5,4 segundos por flor, con un potencial polinizador de 1.883 flores/día. Teniendo como base una densidad de 625 plantas/ha y un promedio de 18 flores/planta/día, Caicedo *et al.* (1), concluyeron que se requieren 6 abejorros/ha para obtener una fructificación del 45%.

Para asegurar la presencia de abejorros carpinteros, es necesario disponer de madera de consistencia blanda para que nidifiquen. Adicionalmente, debe tenerse especial cuidado en las aspersiones

con pesticidas, que deben ser estrictamente las necesarias, con el uso de productos biológicos o de baja toxicidad, y deben hacerse en las horas de la mañana cuando las flores aún no han abierto, para no afectar la población de este insecto benéfico (1).

El abejorro carpintero no visita las flores si el néctar y el polen están mojados. Si la lluvia ocurre 1,5 horas después de la polinización, no se logra cuajamiento de la fruta, pero si han transcurrido más de 2 horas antes de que caiga la lluvia, ésta no tendrá ningún efecto perjudicial (6).

Durante el período 1999 y 2002, se llevó a cabo el trabajo de “Evaluación de un banco de germoplasma de passifloraceas” en la Subestación Paraguaicito en Buenavista, Quindío (5). Durante el desarrollo del trabajo se constató la presencia de varios polinizadores.

Insectos polinizadores registrados en Pasifloras



Xylocopa sp (Anthophoridae)



Apis mellifera (Apidae)



Insectos no reportados como polinizadores en Pasifloras¹



Especie de la familia Scollidae



Especies de la familia Anthophoridae (a, b, c, d)

Continúa...

¹. Clasificación realizada por Gil, Z., Museo Entomológico, Cenicafé. 2002.



POLINIZACIÓN ASISTIDA

Uno de los problemas más frecuentes entre los productores de maracuyá es la falta de criterios para seleccionar las frutas que le permitan obtener las semillas para futuras siembras. Por lo general seleccionan empíricamente los frutos de mayor tamaño, sin importar si presentan buen llenado o provienen de plantas productivas, sanas, con buena calidad de frutos y longevas. El sistema tradicional de polinización controlada mediante el embolsado previo de los botones florales, toma de polen, polinización manual y seguimiento de las flores y frutos polinizados, es un sistema engorroso que desestimula a los productores (5).

Como alternativa, en Cenicafe se desarrolló un procedimiento práctico y eficiente de polinización manual de gran utilidad para que los productores obtengan semillas de plantas seleccionadas en sus predios.

El proceso es el siguiente:

- ☐ Se seleccionan plantas como madres y padres (productivas, sanas y con desarrollo normal).
- ☐ Se identifican en ellas botones de 14 a 16 días. En este estado, se aprecia una leve apertura de los sépalos y se percibe una pequeña parte (blanca) de los pétalos, aún cerrados. Los estambres y los estigmas están totalmente ocultos (Figura 4a).
- ☐ En las plantas “padres” se seleccionan botones con las anteriores características, se recolectan en bolsas de papel y se trasladan a la planta madre.
- ☐ En el botón floral de la planta madre seleccionada, con la ayuda de pinzas, se abren los sépalos y los pétalos, y se retiran las anteras (emasculación) (Figura 4 b).
- ☐ Del botón de la planta “padre”, con la ayuda de pinzas, se remueven cuidadosamente los sépalos y los pétalos, y se retiran las anteras (Figuras 4 c y d).
- ☐ Se frota los estigmas de la flor madre con las anteras tomadas de la planta padre (Figura 4 e).
- ☐ En el botón de la planta madre se reorganizan los sépalos y los pétalos, dejándolo en condiciones muy similares a la original (Figura 4 f).
- ☐ Se embolsa el botón floral, utilizando una bolsa de papel (10 x 20 cm) y se coloca una cinta con la identificación respectiva (padre, madre y fecha de polinización) (Figura 4 g).
- ☐ Después de 5 a 7 días se descubre el botón para determinar si hubo cuajamiento e identificar los frutos (Figura 4 h).
- ☐ Se hace seguimiento del desarrollo de los frutos hasta la recolección, para obtener la semilla (Figuras 4 i, j, k).

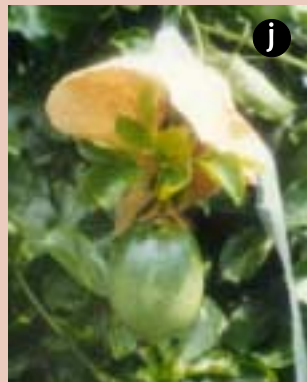
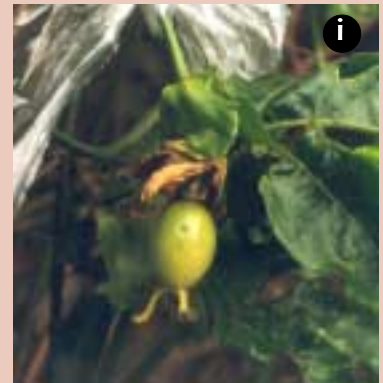


Figura 4. Polinización controlada del maracuya (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k).

MANEJO DE LAS SEMILLAS

Cuando los frutos han logrado su madurez de cosecha se recolectan, se dejan sobremadurar (durante 5 días) y se someten al siguiente proceso:

- ☐ Abrir los frutos con cuidado para no estropear las semillas.
- ☐ Retirar la pulpa

- ☐ Separar las semillas y quitarles el mucílago (mediante frotación con una tela suave).

- ☐ Lavarlas con agua limpia (eliminando las semillas que flotan).

- ☐ Secar a la sombra, en un sitio ventilado, durante 36 horas, período durante el cual es necesario revolverlas cada 6 horas para que el secado sea homogéneo.

Si es necesario almacenarlas, es conveniente aplicar Vitavax (1 gramo por cada 100 gramos de semilla), con el fin de prevenir infecciones causadas por hongos.

Una vez tratadas se depositan en recipientes herméticos y se guardan en la nevera a una temperatura entre 4 y 6 grados Celcius. En estas condiciones pueden conservar su viabilidad por un año.

LITERATURA CITADA

1. CAICEDO, G.; VARGAS, H.; GAVIRIA, J. Evaluación de *Xylocopa* spp (Hymenoptera: Anthophoridae), como polinizadores en el cultivo del maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener). Revista Colombiana de Entomología 19 (3) 107-110. 1993.
2. LEÓN, J. Botánica de los cultivos tropicales. San José, IICA, 1987. p 402-406.
3. LÓPEZ R., J.A.; ACOSTA A., A.G.; TACAN P., F.M. Evaluación de germoplasma de Passifloras en la zona cafetera. Avances Técnicos Cenicafe. No. 301:1-12. 2002.

4. LÓPEZ, R., J. A. Diversificación en la zona cafetera. In: Seminario sobre Recursos Vegetales Promisorios, 5. Palmira. Universidad Nacional. Memorias 1993. 11p
5. LÓPEZ, R., J. A. Passifloraceas. In: CENICAFÉ. Chinchina. Informes anuales de labores, Programa ETIA. 1994 - 2001.
6. SILVA, M.M. DA; BRUCKNER, C.H.; PIKANÇO, M.; MOLINA R., A.J. Número floral, clima, densidad poblacional de *Xylocopa* spp. (Hymenoptera: Anthophoridae), y polinización del maracuyá (*Passiflora edulis*

f. *flavicarpa*). Revista de Biología Tropical 47(4):711-718. 1999.

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

Cenicafe
Centro Nacional de Investigaciones de Café
"Pedro Uribe Mejía"

Chinchiná, Caldas, Colombia
Tel. (6) 8506550 Fax. (6) 8504723
A.A. 2427 Manizales
cenicafe@cafededecolombia.com

Edición: Héctor Fabio Ospina Ospina
Fotografía: Gonzalo Hoyos Salazar
Diagramación: Olga Lucía Henao Lema