

EFFECTO DE LA POLINIZACIÓN ARTIFICIAL SOBRE LA FRUCTIFICACIÓN Y LA CALIDAD DE FRUTO DEL MARACUYÁ AMARILLO (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.)

Jorge Parés¹, José Sánchez¹ y Miguel Arizaleta¹

RESUMEN

En Venezuela la explotación comercial del maracuyá amarillo presenta grandes posibilidades de éxito. Sin embargo, los productores de la zona del municipio Acosta del estado Falcón han manifestado serios problemas de fructificación, a pesar de observar adecuada floración. En vista de ello, se planteó la presente investigación que tuvo como objetivo evaluar, en la zona mencionada, la necesidad de realizar polinización artificial y contrastarla con la polinización natural considerando como variables la proporción de frutos cuajados y su calidad. Para realizar el estudio comparativo en función al tipo de polinización se conformó un experimento en bloques al azar con diez repeticiones de los siguientes tres tratamientos: polinización artificial alógama, polinización artificial autógena y polinización libre o natural. La polinización cruzada alógama produjo el mayor porcentaje de frutos cuajados (77,67 %), seguida por la polinización natural (25,0 %), y sólo 8,33 % en el tratamiento de polinización cruzada autógena. De igual manera, la polinización cruzada alógama permitió mejorar las características físicas de los frutos, en comparación a la polinización natural y artificial autógena. La polinización cruzada alógama puede ser recomendada como una práctica hortícola para el área geográfica donde se realizó el estudio.

Palabras clave adicionales: Cuajado de frutos, parchita, polinización natural, poscosecha

ABSTRACT

Effect of artificial pollination on fruiting and fruit quality of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.)

In Venezuelan, the commercial exploitation of yellow passion fruit presents great potential for success. However, the farmers of the municipality of Acosta, Falcón State, have expressed serious problems of fruiting, despite they have observed proper flowering. Hence, the present research was conducted to evaluate the need for artificial pollination and compare it with natural pollination, taking into consideration variables such as fruit set and fruit quality. A trial was conducted in a randomized complete block design with ten replications of the following three treatments: allogamous artificial pollination, artificial autogamous pollination and natural pollination or free. The highest percentage of fruit set (77.67 %) was observed with allogamous artificial pollination, followed by natural pollination (25.0 %). In contrast, the artificial autogamous pollination achieved only 8.33 % fruit set. Likewise, artificial allogamous pollination allowed improvements in the physical characteristics of the fruits as compared to natural pollination and autogamous artificial pollination. Artificial allogamous pollination can be recommended as a horticultural practice for the geographic area where the study was conducted.

Additional key words: Fruit set, natural pollination, postharvest

INTRODUCCIÓN

El maracuyá amarillo o parchita, *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg., es una especie neotropical muy apreciada por sus frutos comestibles (Nascimento, 1997). En Venezuela, aunque existen diversas especies pertenecientes a la familia de las pasifloráceas, el maracuyá amarillo es el de mayor demanda en el mercado doméstico.

Esta especie posee flores hermafroditas, solitarias y axilares. La antesis dura aproximadamente seis horas, y la dehiscencia de las anteras ocurre al mediodía, antes de iniciarse la receptividad de los estigmas (Kundan-Kishore et al., 2010). Este fenómeno de dicogamia, asociado al alto nivel de autoincompatibilidad, promueve la polinización cruzada (Baker y Hurd, 1968) lo que permite garantizar la adecuada fructificación (Bruckner et al., 1995).

Recibido: Marzo 28, 2014

Aceptado: Agosto 26, 2014

¹ Dpto. de Fitotecnia, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Apdo. 400. Barquisimeto. Venezuela. e-mail: jorgepares@ucla.edu.ve

Se ha argumentado que a pesar de la cercanía entre anteras y estigmas en alguna de las fases florales de las pasifloras la transferencia pasiva de polen es poco común, posiblemente porque los granos de polen son pesados y pegajosos lo que dificulta la acción del viento como agente polinizador (Souza y Pereyra, 2000; Deginani, 2001). No obstante, el maracuyá amarillo posee varias recompensas para los agentes polinizadores, destacando los colores vistosos de las flores, aromas fuertes y abundancia de néctar (Siqueira et al., 2009).

Si bien la polinización es entomófila, las flores del maracuyá presentan características para ser polinizadas por insectos de grandes dimensiones (Siqueira et al., 2009). En este sentido, los insectos del género *Xylocopa* (Hymenoptera: Anthophoridae) presentan un patrón de movimiento entre las flores y las dimensiones apropiadas, por lo que son considerados como los agentes polinizadores más eficientes para este cultivo (Hoffmann et al., 2000).

La reducción de las poblaciones de *Xylocopa* spp. ha traído como consecuencia la disminución en la producción de frutos de este cultivo (Calle et al., 2010), y entre los principales factores que han permitido su descenso se mencionan el uso irracional de pesticidas, la disminución de la cubierta vegetal junto a las áreas cultivadas, la falta de sitios adecuados para construir sus nidos y la ausencia de especies silvestres en las plantaciones que sirvan como fuente de alimento (Freitas y Oliveira, 2001).

Como consecuencia del acentuado incremento en la demanda del maracuyá amarillo en los últimos años, su cultivo se ha expandido hacia diferentes zonas entre las que se encuentran las tierras altas del estado Falcón. Sin embargo, los productores de la zona han reportado serios problemas relacionados con una inadecuada fructificación, a pesar de observarse excelente desarrollo del cultivo, incluyendo una apropiada floración.

Dentro de este escenario, la práctica de la polinización artificial puede constituir una estrategia válida para alcanzar altos niveles de producción del cultivo (Barros et al., 2011), ya que debería permitir superar los problemas de polinización en áreas donde hay baja densidad poblacional de insectos polinizadores por la

implementación errónea de prácticas hortícolas y/o por condiciones ambientales, las cuales igualmente han sido señaladas como responsables de la ausencia ocasional de los agentes polinizadores en el cultivo (Arias-Suárez et al., 2014).

Con el objeto de optimizar la producción del maracuyá amarillo en una zona productora del estado Falcón, se planteó evaluar la necesidad de realizar polinización artificial como alternativa para incrementar la fructificación en este rubro.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en la Finca El Río, ubicada en la localidad de La Montaña del municipio Acosta del estado Falcón, Venezuela. El área de estudio se caracterizó por presentar durante el período de evaluación (75 días) una temperatura, humedad relativa y precipitación media mensual de 27,7 °C, 67 % y 109 mm, respectivamente. Los suelos son de textura franca a franco-arenosa, de mediana fertilidad y relieve montañoso, con pendientes entre 10 y 20 %.

Para la realización del ensayo se utilizaron plantas de maracuyá amarillo las cuales estuvieron dispuestas bajo un marco de plantación 3 m x 2,5 m en un sistema de conducción en espalderas verticales de 1,80 m de altura con tres líneas horizontales de alambre galvanizado.

Para realizar el estudio comparativo de la producción de las plantas en función al tipo de polinización se aplicaron tres tratamientos: a) polinización manual alógama, b) polinización manual autógena y c) polinización natural (Cuadro 1).

En el caso de la polinización artificial, tanto alógama como autógena, se utilizaron bolsas de papel para lograr la cobertura de las flores, y dado que esta especie presenta la mayor dehiscencia de sus anteras entre las 13:00-14:00 horas (Kundan-Kishore et al., 2010), ambos tratamientos se iniciaron a partir de las 13:00 horas.

Se consideró como fruto cuajado aquel que permaneció en la planta hasta por lo menos 15 días desde la polinización (Das et al., 2013). Para la evaluación de los caracteres de calidad de fruto se seleccionaron aleatoriamente y se analizaron 30 frutos por tratamientos a excepción del tratamiento de polinización artificial autógena

donde se evaluaron 20 frutos, dada su escasa cantidad. Los frutos fueron trasladados al laboratorio, donde se determinó su masa fresca, diámetro longitudinal y transversal utilizando un vernier digital, número de semillas por fruto y la proporción de pulpa (jugo más arilo y semillas); esta última se calculó como la diferencia entre la masa fresca total del fruto y la de la cáscara dividida por la masa total del fruto.

Cuadro 1. Procedimiento seguido para aplicar cada uno de los tratamientos de polinización

Tipo de polinización	Procedimiento
Artificial alógama	<ul style="list-style-type: none"> - Cobertura de flores el día previo a la antesis. - Eliminación de anteras el día de la apertura floral. - Colocación de granos de polen de plantas donadoras sobre las flores emasculadas. - Inmediata reposición de la cubierta a las flores polinizadas. - Retiro de la cubierta luego de dos días.
Artificial autógena	<ul style="list-style-type: none"> - Cobertura de flores el día previo a la antesis. - Colocación de granos de polen sobre el estigma de la misma flor. - Inmediata reposición de la cubierta a las flores polinizadas. - Retiro de la cubierta luego de dos días.
Natural	<ul style="list-style-type: none"> - Marcaje de botones florales antes de la antesis. - Se permite la libre distribución y/o intercambio del polen en función de la presencia de agentes vectores.

Los frutos se cosecharon directamente de la planta cuando éstos presentaban un cambio de color de verde a amarillo de aproximadamente 50 %.

Se seleccionaron 150 plantas de un huerto comercial de aproximadamente 5 ha de maracuyá amarillo de la variedad Amarelo. Las mismas conformaron un ensayo con 3 tratamientos y 10 repeticiones dispuestas en un diseño en bloques al azar siguiendo la pendiente del terreno. La unidad experimental estuvo constituida por 5 plantas, 2 de borduras y las 3 centrales para las determinaciones

experimentales. Se polinizaron 10 flores por planta, para un total de 100 flores por tratamiento. Los resultados se analizaron mediante análisis de la varianza y prueba de medias de Duncan utilizando el programa SPSS, versión 15.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tipo de polinización afectó el porcentaje de frutos cuajados (Cuadro 2). Quince días después que las flores se sometieron a la autopolinización artificial se constató un valor medio de 8,33 % de frutos cuajados. Este valor tan bajo puede explicarse por el hecho de que en maracuyá amarillo existe un fenómeno de autoincompatibilidad (Siqueira et al., 2009), el cual quedó confirmado por la alta proporción de frutos cuajados bajo el método de polinización artificial alógama (77,67 %) (Cuadro 2). Este sistema de incompatibilidad es controlado por alelos esporofíticos que actúan en asociación con genes gametofíticos, los cuales limitan la fructificación (Suassuna et al., 2000). No obstante, el género *Passiflora* presenta características morfológicas y fisiológicas que favorecen la polinización cruzada, particularidades que están adaptadas a las necesidades de polinizadores especializados (Ramírez, 2006).

Cuadro 2. Frutos cuajados después de los tratamientos de polinización en *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*

Tratamientos de polinización	Frutos cuajados (%)
Artificial alógama	77,67 a
Artificial autógena	8,33 c
Natural	25,00 b

Medias seguidas de distinta letra son estadísticamente diferentes según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$)

En países productores de maracuyá amarillo, como Brasil, el cuajado de frutos bajo polinización natural no sobrepasa el 12 % (Bos et al., 2007; Siqueira et al., 2009). Según los resultados obtenidos, con la polinización natural se alcanzó una eficiencia de cuajado del 25,0 % (Cuadro 2), valor superior al señalado anteriormente; sin embargo, inferior a 30 %, cifra que es indicativa de baja densidad poblacional de agentes polinizadores (Lima et al., 2002).

Según Ruggiero (1987), para considerar apropiada la tasa de fructificación del maracuyá, en condiciones naturales, debería ubicarse entre 40 y 50 %. De acuerdo a estos valores, se observa que en la zona estudiada la eficiencia de la polinización natural es baja para la producción comercial del cultivo. Sin embargo, esta problemática puede ser solventada por medio de la polinización artificial alógama la cual permitió incrementar más de tres veces el porcentaje de cuajado de fruto, en comparación a la polinización natural (Cuadro 2). De forma similar, Yamamoto et al. (2012) encontraron que

esta práctica de polinización mejoró la fructificación hasta en 69,8 %.

La eficiencia de la polinización artificial cruzada no sólo se observó en la cantidad de frutos cuajados sino también sobre algunas características físicas de los mismos, como la masa fresca, número de semillas y proporción de jugo, pulpa y semillas (Cuadro 3), y a pesar de que la masa de cáscara y el tamaño de los frutos, en términos de diámetro longitudinal y transversal, no difirieron entre los tratamientos, la polinización cruzada artificial tendió a inducir un incremento en estas variables.

Cuadro 3. Efecto del tipo de polinización sobre las características físicas del fruto de *Passiflora edulis* f. flavicarpa

Tratamientos de polinización	Masa de fruto (g)	Masa de cáscara (g)	Diámetro longitudinal (mm)	Diámetro transversal (mm)	Número de semillas	Proporción de jugo, pulpa y semillas
Artificial alógama	178,01a	82,39 a	82,37 a	71,11 a	252 a	0,531 a
Artificial autógena	143,47 b	74,76 a	81,04 a	68,19 a	195 b	0,483 b
Natural	147,30 b	75,08 a	78,96 a	69,55 a	210 b	0,482 b

Medias seguidas de distinta letra en cada columna son estadísticamente diferentes según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$)

El efecto positivo de la polinización manual cruzada sobre las características físicas de los frutos concuerda con lo señalado por Duarte y Sierra (1997). Sin embargo, contrasta con las observaciones de Ángel-Coca et al. (2011) y Arias-Suárez et al. (2014), en *Passiflora edulis* f. *Edulis* Sims y *Passiflora edulis* f. flavicarpa, respectivamente. Estos autores indican que la participación de los agentes polinizadores naturales incrementan las características del fruto debido a la probabilidad de obtener mayor número de óvulos fecundados.

Independientemente de la forma de transferencia del polen hasta los estigmas se señala que en maracuyá, un buen proceso de polinización afecta positivamente las características de calidad de fruto (Ruggiero et al., 1996; Arias-Suárez et al., 2014). Por tanto, el mayor número de semillas por fruto obtenido en el tratamiento de polinización artificial alógama (Cuadro 3) sugiere que hubo una mayor cantidad de granos de polen sobre las superficies estigmáticas, lo cual aumentó posiblemente la proporción de óvulos fecundos y con ello las variables de calidad evaluadas. De acuerdo a Silveira et al. (2012), el número de semillas por fruto es un parámetro importante que debe ser

considerado en los estudios que involucren diferentes tipos de polinización.

Finalmente, nuestros resultados sugieren que las flores del maracuyá estuvieron expuestas a visitas limitadas de los agentes polinizadores naturales durante la época de realización del estudio, lo que condujo a la insuficiente deposición de granos polen sobre los estigmas (Ashman et al., 2004). Por tanto, en la planeación de la explotación hortícola de esta especie, debe ser considerada la densidad poblacional de los agentes polinizadores para asegurar la producción de frutas (Calle et al., 2010; Medina-Gutiérrez et al., 2012) o planificar la implementación de la polinización artificial cruzada como un práctica hortícola.

CONCLUSIONES

La polinización artificial alógama contribuyó a incrementar el porcentaje de frutos cuajados, masa de frutos, número de semillas por fruto y proporción de jugo, pulpa y semillas, en comparación a la polinización natural y la artificial autógena.

Los resultados apuntan a que en la zona de estudio existe un déficit de agentes polinizadores

naturales. Por tanto, dentro de los métodos de polinización evaluados, sólo la polinización artificial alógama debe ser incorporada a los planes de manejo del cultivo.

AGRADECIMIENTO

Trabajo financiado por el proyecto 016-AG-2012 del Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico (CDCHT) de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA).

LITERATURA CITADA

1. Ángel-Coca, C., G. Nates, R. Ospina, C. Melo y M. Amaya. 2011. Biología floral y reproductiva de la gulupa *Passiflora edulis* Sims f. *Edulis*. *Caldasia* 33(2): 433-451.
2. Arias-Suárez, J., J. Ocampo-Pérez y R. Urrea-Gómez. 2014. La polinización natural en el maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) como un servicio reproductivo y ecosistémico. *Agronomía Mesoamericana* 25(1): 73-83.
3. Ashman, T., T. Knight, A. Janette, P. Amarasekare, M. Burd, D. Campbell, M. Dudash, M. Johnston, S. Mazer, R. Mitchell, M. Morgan y W. Wilson. 2004. Pollen limitation of plant reproduction: ecological and evolutionary causes and consequences. *Ecology* 85(9): 2408-2421.
4. Baker, H. y P. Hurd. 1968. Intrafloral ecology. *Annu. Rev. Entomol.* 13: 385-414.
5. Barros, E., W. Krause, N. Burckhardt, O. Souza y R. Ferro. 2011. Produtividade e qualidade de fruto de cultivares de maracujá com e sem polinização artificial. *In: Congresso de Iniciação Científica, Vol. 7 Cáceres/MT. Brasil.* 5 p.
6. Bos, M., D. Veddeler, A. Bogdanski, A. Klein, T. Tschardt, I. Steffan-Dewenter y J. Tylianakis. 2007. Caveats to quantifying ecosystem services: fruit abortion blurs benefits from crop pollination. *Ecological Applications* 17(6): 1841-1849.
7. Bruckner, H., V. Casali Moaraes, A. Ragazzi y E. Silva. 1995. Self-incompatibility in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). *Acta Horticulturae* 370: 45-57.
8. Calle, Z., M. Guariguata, E. Giraldo y J. Chará. 2010. La producción de maracuyá (*Passiflora edulis*) en Colombia: perspectivas para la conservación del hábitat a través del servicio de polinización. *Interciencia* 35(3): 207-212.
9. Das, M., T. Hossain, M. Mia, J. Ahmed, A. Kariman y M. Hossain. 2013. Fruit setting behavior of passion fruit. *American Journal of Plant Sciences* 4(5): 1066-1073.
10. Deginani, N. 2001. Las especies argentinas del género *Passiflora* (Passifloraceae). *Darwiniana* 39: 43-129.
11. Duarte, O. y O. Sierra. 1997. Efecto de la polinización manual en maracuyá amarillo (*P. edulis* f. *flavicarpa*) en el Zamorano, Honduras. *Proceeding Interamerican Society for Tropical Horticulture* 41: 166-168.
12. Freitas, B. y F. Oliveira. 2001. Criação racional de mamangavas para polinização em áreas agrícolas. Banco do Nordeste. Fortaleza, Brasil. 96 p.
13. Hoffmann, M., T. Pereira, M. Mercadante y A. Gomes. 2000. Polinização de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* (Passiflorales, Passifloraceae), por abelhas (Hymenoptera, Anthophoridae) em Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro. *Iheringia. Série Zoológica* 89: 149-152.
14. Kundan-Kishore, K. Pathak, R. Shukla y R. Bharali. 2010. Studies on floral biology of passion fruit (*Passiflora* spp.). *Pakistan Journal of Botany* 42(1): 21-29.
15. Lima, A. y A. Trindade. 2002. Propagação. *In: A. Lima (ed.). Maracujá Produção: Aspectos Técnicos.* EMBRAPA. Brasília. pp. 29-33.
16. Medina-Gutiérrez, J., R. Ospina-Torres y G. Nates-Parra. 2012. Efectos de la variación altitudinal sobre la polinización en cultivos de gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis*). *Acta Biológica Colombiana* 7(2): 379-394.
17. Nascimento, W. 1997. O cultivo do maracujá.: EMATER. Goiânia, Brasil. Boletim Técnico 1. 57 p.
18. Ramírez, W. 2006. Hibridación interespecífica en *Passiflora* (Passifloraceae), mediante polinización manual, y características florales para la polinización. *Lankesteriana* 6(3):

- 123-131.
19. Ruggiero, C. 1987. Tratos culturais. *In*: Maracujá. Ruggiero, C. (ed.). Edit. Legis Summa. Ribeirão Preto, Brasil. pp. 58-66.
20. Ruggiero, C., A. Sao José, C. Volpe, J. Oliveira, J. Durigan, J. Baumgartner, K. Silva, M. Nakamura, R. Ferreira, R. Kavati, y V. Pereira. 1996. Maracujá para exportação: aspectos técnicos da produção. Programa do Apoio a Produção e Exportação de Frutas, Hortalicas, flores e Plantas Ornamentais. EMBRAPA. Brasília, DF. Série Publicações Técnicas FrupeX 19.
21. Siqueira, K., L. Kill, C. Martins, I. Lemos, S. Monteiro y E. Feitoza. 2009. Ecologia da polinização do maracujá-amarelo, na região do vale do sumedio São Francisco. *Revista Brasileira de Fruticultura* 31(1): 1-12.
22. Silveira, M., A. Abot, J. Nascimento, E. Rodrigues, S. Rodrigues y A. Puker. 2012. Is manual pollination of yellow passion fruit completely dispensable? *Scientia Horticulturae* 146: 99-103.
23. Souza, M. y T. Pereira. 2000. Development of pollen grain in yellow passion-fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*; Passifloraceae). *Genetics and Molecular Biology* 23(2): 469-473.
24. Suassuna, T., C. Bruckner, C. Carvalho y A. Borém. 2000. Self-incompatibility in passion fruit: evidence of gametophytic-sporophytic control. *Theoretical and Applied Genetics* 106: 298-302.
25. Yamamoto, C., C. da Silva, S. Augusto, A. Almeida y P. Oliveira. 2012. The role of bee diversity in pollination and fruit set of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, Passifloraceae) crop in Central Brazil. *Apidologie* 43(5): 515-526.