

LA POLINIZACIÓN MANUAL Y SU FACTIBILIDAD EN PLANTACIONES DE MARACUYÁ AMARILLO DE LA ZONA ALTA DEL ESTADO FALCÓN*

Hand pollination and its feasibility in yellow passion fruit plantations in the highlands Falcon State

Jorge Parés¹, Carlos Najul², Miguel Arizaleta² y Henry Mujica³

RESUMEN

El maracuyá amarillo presenta ciertas características florales las cuales ocasionan que la polinización sea obligatoriamente cruzada. En este sentido, la polinización puede ser a través de agentes polinizadores especializados o por medio de la polinización manual. El objetivo de este trabajo fue determinar en qué proporción se incrementa la producción de un huerto comercial de maracuyá amarillo mediante la implementación de la polinización manual, y de acuerdo con los resultados determinar si es económicamente factible la aplicación de esta metodología. Se llevó un registro diario de la cantidad de flores producidas por planta durante octubre y noviembre, de los frutos recolectados y el tiempo en que cada obrero especializado permanecía en cada flor efectuando la polinización. Se aplicaron pruebas de t para muestras independientes. Cada tratamiento fue repetido 10 veces. La unidad experimental estuvo constituida por 5 plantas. La polinización artificial en comparación con la natural permitió incrementar la eficiencia de fructificación en 48,93 %. Adicionalmente, permitió aumentar la ganancia monetaria bruta en 84,90 %. Los resultados indican que la polinización manual es económicamente factible al aplicarla en el maracuyá amarillo como una práctica hortícola en las condiciones de este estudio.

Palabras clave: *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, polinización artificial, costos de producción.

ABSTRACT

The yellow passionfruit has certain floral characteristics which cause that the cross pollination must be mandatory. In this regard, pollination can be through specialized pollinators or by hand pollination. The aim of this study was to determine what production proportion of a yellow passionfruit commercial orchard is increased through the implementation of hand pollination, and according to the results determine whether the application of this methodology is economically feasible. A daily record of flowers number produced per plant during October and November, of the fruits harvested and the time that each skilled worker remained in each flower making pollination. t test was applied to compare independent samples. Each treatment was repeated 10 times. The experimental unit consisted of 5 plants. Artificial pollination compared to natural increase efficiency allowed fruiting in 48.93%. In addition, it allowed increasing gross monetary gain 84.90%. The results indicate that hand pollination is economically feasible to implement in the yellow passion fruit as a horticultural practice under the conditions of this study.

Key words: *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, artificial pollination, production costs.

(*) Recibido: 03-12-2014

Aceptado: 27-05-2015

¹ Posgrado de Horticultura. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" UCLA, Decanato de Agronomía, Departamento de Ciencias Biológicas, Cabudare-Lara. Venezuela. Apartado postal 400. jorgepires@ucla.edu.ve.

² Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" UCLA. Decanato de Agronomía. Departamento de Fitotecnia, Cabudare-Lara, Venezuela. Apartado Postal 400.

³ Universidad Pedagógica Experimental Libertador (Núcleo Barquisimeto), Venezuela.

INTRODUCCIÓN

El género *Passiflora* es el más importante de la familia *Passifloraceae*, con cerca de 80 especies que producen frutos comestibles. El maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) es la principal especie del género, debido a que sus frutos son comercializados mundialmente como fruta fresca y procesada (Silva 2005). En Venezuela, este cultivo posee excelente potencial de mercado, altos precios y gran aceptación por los consumidores.

Si bien, Venezuela presenta condiciones agroecológicas excelentes para la explotación comercial de esta especie (Aular 2002), los productores de la Sierra del estado Falcón reportan un acentuado aborto floral, con la consecuente reducción en la producción de frutos.

Las flores del maracuyá amarillo son botánicamente perfectas; sin embargo, alógamas. Poseen características como: dicogamia protándrica (Kundan-Kishore *et al.* 2010), diversos grados de autoincompatibilidad (Suassuna *et al.* 2000) y deflexión estigmática (Kavati 1998), las cuales ocasionan que la polinización sea obligatoriamente cruzada (Barker y Hurd 1968). La fase de antesis es rápida y sincronizada. Se inicia en torno a las 12:00 h; las flores se abren una única vez y se cierran al anochecer, no obstante, si no son fertilizadas, marchitan y caen (Kundan-Kishore *et al.* 2010).

Las características florales del maracuyá amarillo exigen que la polinización sea realizada, primordialmente, por abejorros del género *Xylocopa* (Hoffmann *et al.* 2000). En consecuencia, la densidad poblacional de estos insectos determina directamente la rentabilidad del cultivo ya que las flores no polinizadas no producen frutos (Calle *et al.* 2010).

Al ser baja la densidad poblacional de los agentes polinizadores, los productores realizan polinización manual, por medio de la extracción del polen de las anteras de una flor y distribución en los estigmas de otra, en plantas distintas (Yamamoto *et al.* 2012). Esta metodología, al demandar mano de obra especializada (Klink y Moreira 2002), genera disconformidad por ser muy onerosa (Pereira Vieira *et al.* 2010).

De acuerdo con Silva (2005), la polinización manual en maracuyá incrementa los costos de producción 15 %. Sin embargo, esta práctica de polinización puede incrementar la formación de frutos entre 50 y 87 % (Bos *et al.* 2007; Siqueira *et al.* 2009), y permite además obtener frutos de mayor masa y tamaño en comparación con los obtenidos por medio de la polinización natural (Parés *et al.* 2014).

En Venezuela existe marcado desconocimiento referente a implementación de la práctica de la polinización manual en el maracuyá, y de las repercusiones económicas de esta técnica sobre los costos de producción del cultivo. El presente trabajo busca determinar en qué proporción incrementa la eficiencia de fructificación de un huerto comercial de maracuyá amarillo con la implementación de la polinización manual, y de acuerdo con los resultados determinar si es económicamente factible.

METODOLOGÍA

El ensayo se llevó a cabo en la Finca “El Rio” ubicada en la localidad de La Montaña, municipio Acosta, estado Falcón. El área de estudio se caracterizó por presentar, durante el período de evaluación, una precipitación media mensual de 109 mm, temperatura promedio de 27,7 °C y 67 % de humedad relativa. Los suelos son de textura franco franco-arenoso.

Para la realización del ensayo se utilizaron plantas de maracuyá amarillo variedad ‘amarelo’, dispuestas bajo un marco de plantación 3,0 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.

En el estudio se emplearon dos tratamientos: polinización natural y polinización cruzada artificial, aplicados durante octubre y noviembre de 2013. Se siguió la metodología descrita por Yamamoto *et al.* (2012), con algunas modificaciones. Las flores fueron contadas y marcadas con cintas de colores. Sólo las destinadas a la polinización artificial se cubrieron con bolsas de papel por la mañana, previo a la antesis. Al momento de la apertura floral las cubiertas fueron

retiradas a fin de aplicar el tratamiento de polinización artificial, en un horario comprendido entre las 13:00 y 15:00 h, dado que esta especie presenta la mayor dehiscencia de sus anteras a partir de las 13:00 h (Kundan-Kishore *et al.* 2010). Se determinó el tiempo en que cada obrero especializado permanecía en cada flor efectuando la polinización.

Con la finalidad de favorecer la alogamia, la colecta de polen se realizó de plantas vecinas. En el tratamiento de polinización natural se permitió que los insectos visitaran las flores libremente. Después del tratamiento de polinización asistida las flores no fueron protegidas de las visitas de los agentes polinizadores ya que a nivel comercial es una práctica no realizada.

Para determinar la factibilidad económica, se contrastaron ambas metodologías de polinización sólo mediante el costo generado por el tratamiento de polinización manual, el cual consistió del valor monetario de la mano de obra y bono de alimentación, ubicados, en el momento del estudio, en 196,00 Bs por jornada de trabajo. El precio de los frutos cosechados fue asignado en el Mercado Mayorista de Barquisimeto, y fue de 350 Bs por cesta de 22 kg, equivalente a 15,91 Bs.kg⁻¹. En la zona de estudio la jornada de trabajo tiene una duración de 6 horas.

Con los costos generados por polinización, los precios de venta del producto cosechado y los datos de producción, se determinó el beneficio o ganancia bruta de cada uno de los tratamientos.

Se efectuaron pruebas de *t* para muestras independientes, con un nivel de significancia del 5

%. Cada tratamiento fue repetido 10 veces. La unidad experimental estuvo constituida por 5 plantas, 2 de borduras y las 3 centrales para las determinaciones experimentales. Se llevó un registro diario de la cantidad de flores producidas por planta en un período aproximado de dos meses, se registró la cantidad de frutos recolectados y el tiempo en que cada obrero especializado permanecía en cada flor efectuando la polinización.

El procesamiento de los datos se realizó a través de estadística descriptiva, se determinaron valores mínimos, máximos, promedios, error estándar de la media muestral y coeficiente de variación. Los análisis estadísticos se efectuaron con el programa estadístico Statistical Package for the Social Science (SPSS) versión 15.0 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cantidad de flores producidas por planta fue similar para todos los individuos de la muestra estudiada. Inclusive, esta variable presentó, para ambos tratamientos, un bajo coeficiente de variación, lo que indica adecuada homogeneidad en el desarrollo de la plantación y alta estabilidad en la producción de flores por planta (Cuadro 1).

Con respecto a la eficiencia del método de polinización se obtuvo que, la artificial promovió mayor cantidad de frutos a cosecha (Cuadro 2), al superar en 48,93 % al sistema natural (Figura 1). Los resultados concuerdan con lo hallado por Yamamoto *et al.* (2012) en Brasil. Sin embargo, difieren a lo expresado por Arias *et al.* (2014), quienes reportaron mayor eficiencia de la

Cuadro 1. Cantidad de flores producidas diariamente por plantas de maracuyá durante el período de evaluación.

Tratamientos	Mínimo	Máximo	Media	E.S.	C.V. (%)
Polinización natural	1	6	2 a	0,08	5,3
Polinización artificial	1	7	2 a	0,09	5,2

Medias con letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes entre sí. $P \leq 0,05$
E.S. error estándar de la media muestral; C.V. coeficiente de variación.

Cuadro 2. Cantidad de frutos recolectados por planta de maracuyá durante el período de evaluación, según tratamiento de polinización.

Tratamientos	Mínimo	Máximo	Media	E.S.	C.V. (%)
Polinización natural	15	20	18 b	0,79	9,90
Polinización artificial	46	82	63 a	6,16	22,00

Medias con letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes entre sí. $P \leq 0,05$
E.S. error estándar de la media muestral; C.V. coeficiente de variación.

polinización natural sobre la artificial. En maracuyá, las diferencias entre resultados de eficacia de polinización son altamente dependientes de la cantidad y/o actividad de los agentes polinizadores de cada zona agroecológica donde se realicen los estudios (Arias *et al.* 2014).

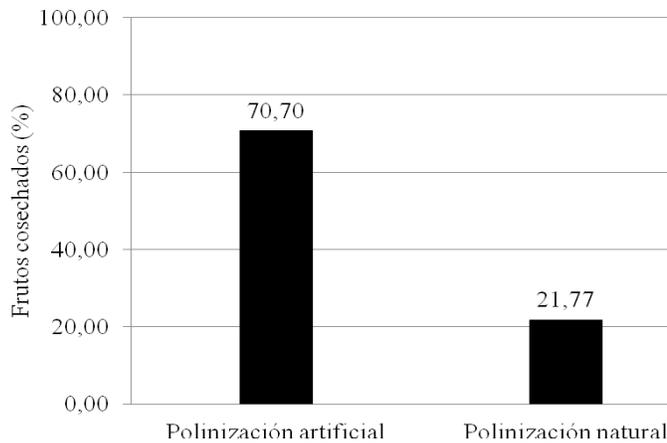


Figura 1. Porcentaje de frutos cosechados en función a la cantidad de flores polinizadas, durante el período de evaluación.

Se observó además que durante el período de evaluación, la producción de frutos en el sistema de polinización natural presentó menor coeficiente de variación en contraste al de polinización artificial, que si bien produjo mayor cantidad de frutos, fue altamente variable (Cuadro 2). Estos resultados revelan que cuando la polinización es realizada por el vector natural existe mayor estabilidad en sistema polinización-formación de frutos (Arias *et al.* 2014).

En países productores de maracuyá amarillo, como Brasil, la eficiencia de la polinización natural no sobrepasa 12 % (Bos *et al.* 2007; Siqueira *et al.* 2009). En nuestro estudio, la polinización natural alcanzó una eficiencia de 21,77 % (Figura 1), superior a la señalada anteriormente. Sin embargo, es inferior a 30 %, cifra que es indicativa de presencia de insectos en número insuficiente para una apropiada polinización (Lima *et al.* 2002).

Se menciona que la polinización artificial es necesaria en zonas especializadas en el cultivo del maracuyá (Calle *et al.* 2010) o en zonas altamente perturbadas (Da Silva *et al.* 1999). Por tanto, la cantidad de hábitat natural disponible cerca de áreas cultivadas puede afectar notablemente la prestación del servicio de polinización por los insectos nativos (Bonilla 2012). Al respecto, la zona en estudio se

caracteriza por ubicarse cerca del bosque natural. Sin embargo, presenta épocas de precipitaciones continuas. En este sentido, Hegland *et al.* (2009) señalaron que el comportamiento de las poblaciones de los agentes polinizadores depende altamente de las condiciones climáticas de cada zona, lo que concuerda a lo citado por Corbet y Willmer (1980) y Arias *et al.* (2014), quienes manifiestan que la precipitación y los días nublados tienen consecuencias negativas sobre la producción de frutos debido a que disminuye la actividad de los agentes polinizadores antes y durante la antesis.

Adicionalmente se ha mencionado que temperaturas superiores a 26°C reducen la densidad de los polinizadores (*Xylocopa* spp.) y en consecuencia el número de frutos formados en maracuyá (Da Silva *et al.* 1999). Esta observación, es de relevancia debido a que la temperatura promedio en la zona de estudio durante el periodo de realización del ensayo fue de 27,7°C. En este sentido, Fischer *et al.* (2009) mencionan que temperaturas entre 20 y 25°C son ideales para fomentar la actividad de los polinizadores y por consiguiente, el número de flores polinizadas.

En este estudio, se polinizó manualmente un máximo de 5,2 flores.minuto⁻¹.persona⁻¹, lo que condujo a un incremento en la producción de 2,54 a 9,70 kg.planta⁻¹ (Cuadro 3). La cantidad de flores presente por metro lineal de espaldera y el grado de especialización de la mano de obra afecta la cantidad de flores polinizadas por jornada de trabajo, razón por la cual Souza (1994), informó un rendimiento medio de 50 flores.minuto⁻¹.jornal⁻¹. Observaciones prácticas de campo indican que los trabajadores, en promedio, pueden polinizar en períodos de alta floración, hasta 3000 flores en 4 horas de trabajo, lo que resulta en un rendimiento de 12 flores.minuto⁻¹.hombre⁻¹ (Kavati 1998).

Con la implementación de esta técnica se obtuvo una producción de 12.930 kg.ha⁻¹, equivalentes a 9,70 kg.planta⁻¹ (Cuadro 3). Estos rendimientos son superiores a los proyectados con el sistema de producción a polinización natural, que se ubicarían en 3.385 kg.ha⁻¹ ó 2,54 kg.planta⁻¹.

Las polinizaciones controladas se efectuaron por 45 días continuos, lo que correspondió, según la metodología empleada, a 90 horas de polinización,

Cuadro 3. Relación ingreso-egreso por planta de dos métodos de polinización, durante el período de ensayo.

Tratamientos	Rendimientos (kg.planta ⁻¹)		Ingresos brutos (Bs.planta ⁻¹)		Egresos		Utilidad (Bs.planta ⁻¹)
	Incremento sobre la polinización natural	Incremento sobre la polinización natural	Incremento sobre la polinización natural	Incremento sobre la polinización natural	Jornal por polinización (unidad.planta ⁻¹)	Incremento sobre la polinización natural (Bs/planta)	
Polinización natural	2,54		40,41		0,0	0,0	40,41
Polinización artificial	9,70	7,16	154,33	113,92	0,20	39,2	74,72

equivalentes a 0,2 jornales.planta⁻¹. Al analizar económicamente la polinización se obtuvo que, el método artificial generó ingresos brutos de 113,92 Bs.planta⁻¹ por encima de la polinización natural (Cuadro 3). Al considerar los egresos generados por mano de obra para realizar la polinización manual se obtuvo una utilidad de 74,72 Bs.planta⁻¹, lo que corresponde a un incremento en las ganancias de 84,90 %, con respecto a la polinización natural (Cuadro 3).

En general, los resultados obtenidos en esta investigación sugieren que en la zona de estudio existe la necesidad de incorporar la polinización manual como práctica hortícola para contrarrestar la limitante del aborto floral.

CONCLUSIÓN

El método de polinización artificial, en comparación con el natural, incrementó 48,93 % la cantidad de flores que llegan a formar fruto comercial. Este aumento en la eficiencia de fructificación permitió incrementar la ganancia monetaria bruta en 84,90 %. Los resultados sugieren que la polinización manual en el maracuyá amarillo, aunque genera costos adicionales, es económicamente factible de ser incorporada a los planes de manejo de la unidad de producción donde se realizó el estudio.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue financiado por el Proyecto 016-AG-2012 del Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico (CDCTH) de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA).

REFERENCIAS

- Arias-Suárez, J., Ocampo-Pérez, J. y Urrea-Gómez, R. 2014. La polinización natural en el maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) como un servicio reproductivo y ecosistémico. *Agronomía Mesoamericana* 25(1): 73-83.
- Aular, J. 2002. Memorias de la primera reunión venezolana sobre investigación y producción de Passifloras. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto. Venezuela. 73 p.
- Barker, H. and Hurd, P. 1968. Intrafloral ecology. *Annu. Rev. Entomol.* 13: 385-414.
- Barros, E., Krause, W., Burckhardt, N., Souza, O., e Ferro, R. 2011. Produtividade e qualidade do fruto de cultivares do maracujá com e sem polinização artificial. *In* Congreso de Iniciação Científica, Vol. 7 Cáceres/MT. Brasil. 5 p.
- Bonilla, M. 2012. La polinización como servicio ecosistémico. *In* Iniciativa colombiana de polinizadores (ICPA), Capítulo I: abejas. Universidad Nacional de Colombia, Instituto Humboldt. Bogotá, Colombia. 103 p.
- Bos, M., Veddeler, D., Bogdanski, A., Klein, A., Tscharnke, T., Steffan-Dewenter, I. and Tylianakis, J. 2007. Caveats to quantifying ecosystem services: fruit abortion blurs benefits from crop pollination. *Ecol. Applic.* 17(6): 1841-1849.
- Calle, Z., Guariguata, M., Giraldo, E. y Chará, J. 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.
- Corbet, S., and Willmer, P. 1980. Pollination of the yellow passion fruit: nectar, pollen y carpenter bees. *Journal of Agricultural Science* 95: 655-666.
- Da Silva, M., Bruckner, C., Picanco, M. y Molina, A. 1999. Número floral, clima, densidad poblacional de *Xylocopa* spp. (Hymenoptera: Anthophoridae) y polinización del maracujá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). *Rev. Biol. Trop.* 47(4): 711-718.
- Fischer, G., Casierra-Posada, F. y Piedrahíta, W. 2009. Ecofisiología de las especies pasifloráceas cultivadas en Colombia. In Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W. y Flores, L. (eds). Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracujá, granadilla, gulupa y curuba. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. Bogotá, Colombia. pp. 45-67.
- Hegland, S., Nielsen, A., Lazaro, A., Bjerknes, A. and Totland, O. 2009. How does climate warming affect plant – pollinator interactions?. *Ecology Letters* 12(2): 184-195.
- Hoffmann, M., Pereira, T., Mercadante, M. e Gomes, A. 2000. Polinização de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* (Passiflorales, Passifloraceae), por abelhas (Hymenoptera, Anthophoridae) em Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro. *Iheringia. Serie Zoologia* 89: 149-152.
- Kavati, R. 1998. Florescimento e frutificação do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). In Ruggiero, C. (ed.) Maracujá do plantio à colheita, Funep, Jaboticabal. Brasil. pp. 107-129.
- Klink, C. and Moreira, A. 2002. Past and current human occupation, and land use. In Oliveira, P. and Marquis, R. (Eds.). The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna. Columbia University Press, Washington. EEUU. pp. 69-88.
- Kundan-Kishore, K., Shukla, R. and Bharali, R. 2010. Studies on floral biology of passion fruit (*Passiflora* spp). *Pakistan Journal of Botany* 42(1): 21-29.
- Lima, A., Junqueira, N., Veras, M. e Cunha, M. 2002. Tratos culturais. In Lima, A. Maracujá Produção: aspectos técnicos. Brasília, DF: EMBRAPA-SCT. Frutas do Brasil, 15. pp. 41-48.
- Parés, J., Sánchez, J. y Arizaleta, M. 2014. Efecto de la polinización artificial sobre la fructificación y la calidad de fruto del maracujá amarillo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg). *Bioagro* 26(3): 165-170.
- Pereira Vieira, P., Oliveira Cruz, D., Maciel Gomes, M., Oliveira Campos, M. e De Lima, J. 2010. Valor econômico da polinização por abelhas mamangavas no cultivo do maracujá-amarelo. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*. 15: 43-53.
- Silva, J. 2005. A cultura do maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg.) na Região do Triângulo Mineiro: Aspectos práticos, Relatório técnico. 15 p.
- Siqueira, K., Kill, L., Martins, C., Lemos, I., Monteiro, S. e Feitoza, E. 2009. Ecologia da polinização do maracuja-amarelo, na região do vale do sunmedio São Francisco. *Rev. Bras. Frutic.* 31(1): 001-012.
- Souza, P. 1994. Polinização em maracujazeiro. In São José, A. (Ed.) Maracujá – produção e mercado. Vitória da Conquista. UESB. Brasil. pp. 497-513.
- Suassuna, T., Bruckner, C., Carvalho, C. and Borém, A. 2000. Self-incompatibility in passionfruit: evidence of gametophytic – sporophytic control. *Theor. Appl. Genet.* 106: 298-302.
- Yamamoto, C., da Silva, C., Augusto, S., Almeida, A. and Oliveira, P. 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.