

Germinación *in vitro* de polen de feijoa (*Acca sellowiana* Berg) en los clones 41 (Quimba) y 8-4

In vitro pollen germination of pineapple guava (*Acca sellowiana* Berg) clones 41 (Quimba) and 8-4

Mavel Hernández*, Diana Ruiz*, Gerhard Fischer** y Fabiola Cárdenas***

Resumen

Actualmente no existen estudios de viabilidad y caracterización del grano de polen de Feijoa, ante lo cual la cantidad y calidad del polen producidos por una flor, son aspectos importantes en estudios evolutivos y de adaptación de genotipos. Así, se determinó la solución germinativa adecuada para realizar pruebas de germinación *in vitro*, mediante pruebas de las siguientes soluciones: agua, agar, agua + sacarosa 5%, agua + sacarosa 10%, agar + sacarosa 5% y agar + sacarosa 10%, ante lo cual, en la solución germinativa compuesta por agar y sacarosa al 5% se registró el mayor porcentaje de germinación de granos de polen en el tiempo. Se efectuó la prueba de fertilidad del polen para los dos clones por medio del método de tinción con azul de lactofenol en tres estados de apertura floral E1 (pétalos visibles), E2 (sépalos desplegados) y E3 (pétalos maduros), presentando 100% de tinción del total de granos observados por estado de apertura floral. Se realizaron pruebas de germinación para los dos clones en los tres estados de apertura floral y se observó germinación en el clon 8-4 a las 10 horas después de la siembra para el estado E3, alcanzando un alto porcentaje de germinación (80%), mientras que los otros dos estados no germinaron en el tiempo de medición establecido. En el clon 41, la germinación inició a las 10 horas después de la siembra para el estado E2 y a las 12 horas para el E3, mientras que el E1 no germinó. Los estados E2 y E3 alcanzaron 80% de germinación aproximada 16 horas después de siembra.

Palabras clave adicionales: polinización, fecundación, viabilidad del polen, apertura floral.

Abstract

At the moment studies on viability and characterization of the pollen grain of pineapple guava do not exist in Colombia. The amount and quality of pollen produced by a flower is one of the most important aspects in evolutionary studies and the adaptation of genotypes. Initially the determination of the solution for germination was realized in order to realize the germination tests *in vitro*, proofing the following solutions: water, agar, water + sucrose 5%, water + sucrose 10%, agar + sucrose 5% and agar + sucrose 10%. From these tests the solution for germination composed by agar and sucrose at 5% presented the greatest percentage of grain germination of pollen in time. Fertility tests with lactophenol blue staining method in both clones was realized in three floral opening stages: E1 (visible petals), E2 (spread sepals) and E3 (mature petals), presenting in the two clones 100% of staining of the whole number of grains per stage of floral opening. In the germination tests for the two clones at the three floral opening stages, in the clone 8-4 a high percentage of germination (80%) at the E3 stage was observed, which began 10 hours after sowing, whereas in the other two stages any germination in the established time of measurement occurred. With clone 41, germination initiated at 10 hours after sowing at E2 stage and at 12 hours at E3 stage, whereas in E1 was any germination. The E2 and E3 stages reached a approximately percentage of germination of 80% at 16 hours of observation.

Additional key words: pollination, fecundation, pollen viability, floral opening.

* Ingeniera agrónoma, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C. E-mail: mxhernandezr@unal.edu.co, dcruizo@unal.edu.co

** Profesor asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C. E-mail: gersfischer@gmail.com

*** Docente investigadora, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, D.C. E-mail: lufacato@gmail.com

Introducción

La feijoa (*Acca sellowiana* Berg) es originaria de Sudamérica, de la zona que se extiende desde el sur de Brasil, sobre Uruguay y de las partes altas del lado occidental del Paraguay, hasta el nororiente de Argentina (Fischer, 2003). Es un arbusto perenne de 3 a 4 m de altura, de tallo cilíndrico, con hojas opuestas, ovaladas, coriáceas con pecíolos cortos, glabras y de color verde oscuro brillante por la haz, y con indumento ligero y color verde pastel opaco por el envés. Las flores axilares, pediceladas y hermafroditas, que crecen solas o agrupadas, presentan normalmente cuatro sépalos coriáceos de color verde, cuatro pétalos blancos o ligeramente rosados por la cara externa y purpúreos o rojos por la cara interna. Presenta de 50 a 70 estambres rojos y un pistilo del mismo color. El fruto es climatérico, en baya de forma variable según el cultivar, prevaleciendo la ovoidal. La variación en la forma y tamaño del fruto es mayor en plantas provenientes de semillas y/o de frutos provenientes de flores no polinizadas (Fischer, 2003), de color verde intenso, textura lisa a rugosa, dependiendo de la variedad que se trate, y con una pulpa blancuzca con tonos de verde pálido y marrón muy claro; presenta entre 30 y 50 semillas duras y oblongas de color blancuzco y amarillo.

Los frutos de feijoa se originan de un ovario ínfero que está completamente unido al hipanto. El fruto resulta del desarrollo conjunto de las paredes del receptáculo y las paredes del ovario. Los frutos conservan en el ápice los restos del cáliz y algunas veces el pistilo (Rodríguez, 2005).

Los pétalos y el fruto son comestibles. La polinización de la feijoa es favorecida por el viento, insectos, (principalmente abejorros) o por aves; estas últimas se impregnan del polen al comer los pétalos de la flor. La longevidad de las flores individuales usualmente es muy corta pero difiere entre especies, hábitat y condiciones ambientales; ésta se incrementa con temperaturas frescas en el día y en la noche (Kozłowski y Pallardy, 1997).

Según Tocornal (1988), la antesis de una flor, dura

solamente cuatro días; las flores son perfumadas y con pétalos dulces y comestibles, y se les considera muy melíferas. La floración del árbol dura entre 30 y 50 días, debido a la apertura no simultánea de las yemas de flor, la cual ésta influenciada por el cultivar, la zona de cultivo y el manejo cultural.

En las zonas subtropicales (hasta templadas) las floraciones están definidas por las estaciones; las bajas temperaturas del invierno inhiben las brotaciones de ramas fértiles y, por ende, de las flores; pero el aumento de la temperatura en la primavera activa las brotaciones (Fischer, 2003).

En los dos primeros días de la antesis los sépalos se abren totalmente, se endereza el pistilo que en el botón se encuentra doblado, y se extienden los estambres. Al tercer día maduran los pétalos y se inicia la apertura de las anteras y la producción de polen; en general, al finalizar este día las flores ya no presentan pétalos, pues han sido consumidos por las aves y la mayoría del polen ha sido diseminado (Cortés et al., 2004).

Actualmente, la feijoa se cultiva en regiones subtropicales de clima templado, especialmente en Suramérica y también en Nueva Zelanda y Estados Unidos. En Colombia, se encuentra en altitudes entre 1.800 y 2.650 msnm, suelos arcilloarenosos de pH 6,0 a 6,5, con temperaturas promedio entre 13 y 18°C (óptima: 16°C), una humedad relativa aproximada de 70% y una precipitación promedio anual entre 700 y 1.200 mm (Fischer, 2003). En Colombia se cultiva en gran parte de la región andina (Boyacá, Caldas, Antioquia, Cundinamarca; Cortés et al., 2004).

Este fruto se perfila como promisorio en los próximos años, lo que hace que el sector frutícola se vea altamente favorecido. Dificultades en los procesos de comercialización y en la calidad del fruto, son hasta ahora los factores que más inciden en la producción de la feijoa (Restrepo, 2000).

La polinización es el proceso mediante el cual el polen pasa desde los estambres o estructuras

masculinas de la flor al estigma del pistilo, que es la estructura femenina, de la misma flor o de otra distinta. Cuando el polen pasa del estambre al estigma de la misma flor, se habla de autopolinización o autogamia; la polinización cruzada o alogamia es el paso del polen de los estambres de una flor a otra de la misma planta (geitonogamia) o de una planta distinta de la misma especie (xenogamia; Saens, 1978).

En el momento no existen estudios respecto de la viabilidad y caracterización del grano de polen de la feijoa. La cantidad y calidad del polen producido por una flor es uno de los aspectos más importantes en estudios evolutivos y en la adaptación de los genotipos (Lagos et al., 2005). Por tanto, es necesario determinar la viabilidad y estudiar el polen en esta especie.

Lo más frecuente en la naturaleza es que ambos sistemas de fecundación, autogamia y alogamia, coexistan simultáneamente en una misma población. Entre ambos extremos, otra serie de fenómenos se producen, como son la especial conformación de las piezas florales, para impedir la auto polinización, la proterandria o la proteroginia, en virtud de las cuales maduran los órganos sexuales masculinos en un momento diferente que los femeninos; la incompatibilidad genética, que hace inviables los embriones de una autogamia y otros (Saens, 1978).

La fecundación se produce cuando las células espermáticas se unen a las ovocélulas y ambos protoplasmas se fusionan, seguido de la fusión de los núcleos o cariogamia. El cigoto diploide originará el embrión por divisiones sucesivas (Saens, 1978).

Las flores de feijoa son hermafroditas y, por lo tanto, se hace posible la cesión y captación de los granos de polen en una misma flor; sin embargo, debido a la maduración del estigma antes de las anteras (protoginia), la caída de flores y frutos es frecuente. Las primeras flores son alógamas, es decir, que permiten la polinización cruzada; las tardías son autógamias (Fischer, 2003).

Los mecanismos de polinización y fecundación tienen una relación decisiva sobre los procesos de fitomejoramiento y producción de cultivos (Lagos et al., 2005) y como resultado de la polinización, y posterior fecundación, se desarrolla un fruto con variaciones en su forma y tamaño, principalmente en plantas provenientes de semilla y/o frutos no polinizados. Sin embargo, muchos frutos y semillas abortan, incluso cuando polen compatible es depositado en el estigma (Kozłowski y Pallardy, 1997).

En la feijoa, las flores pueden ser polinizadas naturalmente por efecto del viento (anemofilia), cuya efectividad depende del número de granos de polen que alcancen plantas receptoras. En algunos casos por aves (ornitofilia), como la mirla negra *Turdus fuscater* (Fischer, 2003). En Nueva Zelanda y Brasil, el picaflor es el principal polinizador, posiblemente porque en diciembre son frecuentes las lluvias, lo que impide el vuelo de las abejas. Cacioppo (1988), reporta que, además de la polinización entomófila, en su zona de origen, también la llevan a cabo los pájaros mosca del género *Thamnophilus*, parecidos al colibrí, que se constituye en un ejemplo raro de polinización ornitófila. Muy posiblemente, el color amarillo intenso del polen actúa como atrayente visual para los pájaros (Stewart, 1987).

El conocimiento de la biología floral, o del comportamiento reproductivo, permite garantizar los procesos de polinización y fecundación que son utilizados en autopolinización e hibridación; es decir, que antes de llegar a éstos debe haber estudios de biología reproductiva y ensayos de polinización, que permitan establecer el sistema reproductivo de las especies como maduración floral, conservación o viabilidad de polen. En el caso de la feijoa, uno de los principales inconvenientes en el rendimiento de las cosechas es la caída de flores y frutos o cuajas (Quintero, 2005). Teniendo en cuenta que el fruto de feijoa tiene un tiempo promedio para alcanzar su madurez fisiológica de cinco meses, es de vital importancia la consideración de las razones por las cuales se puede originar la caída de flores, frutos

y, más aún, de las cuajas pues a partir de éstas se supone que ha existido una fecundación efectiva; sin embargo, en el campo la caída de cuajas es una situación que se puede explicar por diferentes motivos. Hasta que no se realicen estudios de los diferentes factores (raleos naturales, manejo del cultivo, condiciones ambientales, condiciones propias de la especie) que pueden causar este problema, no será posible garantizar que el número de flores polinizadas y convertidas en cuaja lleguen a fruto maduro.

Las fallas en la formación y desarrollo del polen son una causa primaria de inviabilidad de especies o de híbridos. En este caso, la inviabilidad del polen puede deberse a gametos no reducidos o que no tienen un número cromosómico balanceado. Las causas no genéticas, que afectan negativamente al polen, incluyen la temperatura, la humedad, la fertilidad del suelo, las enfermedades, las plagas y la edad (Lagos, 2005).

A nivel de mejoramiento vegetal es importante y necesario realizar estudios de germinabilidad de los granos de polen, de los diferentes clones de la especie, para realizar una polinización efectiva que conduzca a tamaños de fruto estandarizados para la comercialización (Cárdenas, 2005).

Así el trabajo sobre la germinabilidad de los granos de polen de los clones 41 (Quimba) y 8-4 se llevó a cabo con el objeto de determinar en qué estado de apertura floral el polen presenta mayor porcentaje de germinación, con miras a realizar estudios de polinización artificial. Esto contribuirá al esclarecimiento previo de alguna de las razones intrínsecas de la especie, por las cuales puede presentarse aborto de flores, frutos y cuajas.

Materiales y métodos

Material vegetal

Para el estudio de la germinabilidad del polen se utilizaron los clones 41 (Quimba) y 8-4 de A.

sellowiana Berg, cuyas principales características de estos genotipos son los siguientes.

Clon 41 (Quimba): Sus mejores rendimientos se dan entre los 1.800 y 2.300 msnm. El árbol se caracteriza por tener hojas pequeñas. El fruto tiene forma ovalada y es más astringente que el fruto del clon 8-4. Es considerado de calidad organoléptica excelente. Las flores de este clon fueron colectadas en el Centro Nacional de la Feijoa CENAF.

Clon 8-4: Sus mejores producciones se dan a 2.600 msnm. Es un árbol con un follaje abundante y de hoja más grande que el clon 41. Las flores de este clon fueron colectadas en la finca El Cortijo (Rodríguez, 2005).

Las flores de ambos clones se recolectaron de distintas ramas de un mismo árbol, los cuales presentaban una edad de 15 años, con una altura aproximada de 2 m y podados un mes atrás; tiempo después del cual se presenta el rebrote en esta especie. Estos árboles presentan poda de formación (ortopedia) desde aproximadamente los tres años de sembrados, con el fin de captar la mayor radiación posible, pues en la zona se presenta una nubosidad parcial en la mayor parte del año; así mismo, se facilitan las labores agronómicas y se da menos sombra entre las ramas; todo esto con el fin de obtener mayores rendimientos.

Localización del polen y del trabajo en laboratorio

El polen provino de los cultivos de feijoa ubicados en las fincas CENAF y El Cortijo. CENAF se encuentra en la vereda el Roble, municipio de La Vega, Cundinamarca, a 2.050 msnm. Este cultivo cuenta con más de 500 plantas en producción, del cultivar 41 o Quimba. El Cortijo está ubicada en el km 34 en la autopista Bogotá-Medellín, en la vereda Sabaneta del municipio de La Vega, a 2.350 msnm. El huerto adulto y productivo del Cortijo tiene aproximadamente 20 plantas del cultivar 8-4. Las características generales de la zona son: coordenadas: 04°54´

N; 74°18´ W; temperatura promedio anual: 17° C y precipitación promedio anual de 1.800 mm.

El análisis de las muestras se realizó en el laboratorio de Fisiología Vegetal de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, D.C. a 18° C, 70% de humedad relativa y buena luminosidad.

Prueba de germinabilidad del polen

Se determinó la germinabilidad del polen, es decir, el porcentaje de germinación de los granos de polen de los clones estudiados, en tres estados de apertura floral. Estos estados fueron determinados, para este estudio, con base en las observaciones realizadas por Cortés et al. (2004) y se llegó a la conclusión de trabajar con tres estados de apertura floral ya que eran representativos de las fases por las cuales pasa la flor de feijoa en su tiempo de anthesis. Se estableció el E1 como el momento en el que, en los botones florales, el pistilo se encuentra doblado y son visibles los pétalos; el E2 como las flores en las cuales los sépalos se encuentran desplegados completamente y los pétalos están aún inmaduros, y el E3 como el momento en el cual las anteras de la flor inician su apertura y los pétalos se encuentran maduros.

Para realizar esta prueba, luego de haber determinado los estados de apertura floral, se compararon seis tratamientos o soluciones germinativas para los materiales estudiados, clon 41 y clon 8-4 (tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos usando seis composiciones de soluciones germinativas

Tratamiento	Solución germinativa
1	Agua
2	Agar
3	Agua + Sacarosa
4	Agua + Sacarosa 10%
5	Agar + Sacarosa 5%
6	Agar + Sacarosa 10%

La unidad experimental utilizada fue la caja de Petri, en la cual se vertió la solución germinativa seleccionada, pues fue la que mayor porcentaje de germinación, en el tiempo, presentó. La composición de esta solución germinativa fue agar y sacarosa al 5% (el tratamiento 5). La selección de este tratamiento se sustentó a través de la prueba estadística de comparación de Tukey, que mostró diferencias significativas entre los tratamientos, ante lo cual fue el y siendo el tratamiento 5 el que presentó una media mucho mayor, con respecto a la de los demás tratamientos, en los dos clones evaluados.

Como parte de la composición de los medios germinativos, la sacarosa no se puede considerar como una de las sustancias presentes en el líquido estigmático pero se utiliza como componente energético, el cual las plantas usan de una forma más generalizada para transportar reservas de carbono de una estructura a otra, lo que permite la germinación del grano de polen y la elongación del tubo polínico (Saens, 1978). Haciendo la observación en el estereoscopio y con una aguja de disección se transfirió el polen de cada uno de los clones, en los diferentes estados de apertura floral, a la solución germinativa; se usaron tres repeticiones de este proceso para cada estado de apertura floral. Se evaluó el porcentaje de germinación, medido en número de granos de polen germinados en 50 granos de polen observados, con el fin de determinar si existían diferencias en la viabilidad o germinabilidad de los granos de polen a nivel de desarrollo de la antera. Estas evaluaciones se realizaron a las 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 y 16 horas, luego de la siembra, para hacer una curva de germinación en el tiempo (Shivanna y Rangaswamy, 1992). Se consideró como grano de polen germinado aquél cuya longitud del tubo polínico emergido fuese el diámetro polar del respectivo grano de polen (Parra, 2004).

Prueba de fertilidad del polen—Método de tinción

La evaluación de la fertilidad de los granos de polen se realizó para cada espécimen colectado

y se llevó a cabo mediante tinción con azul de lactofenol, en una relación 3:1 (Parra, 2004). Se evaluaron, al igual que en las pruebas de viabilidad, los tres estados de apertura floral. La unidad experimental fue una caja de petri acondicionada como cámara húmeda, con una humedad relativa de 90 a 95 %, en la cual se colocó una lámina portaobjetos. En cada lámina se colocaron tres gotas de azul de lactofenol, a las tres repeticiones, para la medición de la fertilidad del polen. Con una aguja de disección se transfirió el polen de cada uno de los clones a las gotas de lactofenol. Se evaluó el porcentaje de tinción de los granos de polen, medido en número de granos de polen teñidos completamente en 50 granos de polen observados, para determinar si existían diferencias en cuanto a la fertilidad de los granos de polen procedentes de anteras de distintos estados de apertura floral. Se tomó como polen fértil aquel que presentó tinción completa (Parra, 2004).

Resultados y discusión

Evaluación de la fertilidad del polen—Método de tinción

Los resultados de la prueba de tinción fueron granos de polen teñidos completamente respecto del 100% del total de granos observados (50 teñidos de 50 observados), por estado de apertura floral (figura 1). Sin embargo, estos resultados no pueden ser confiables, pues teniendo en cuenta el desarrollo morfológico del polen en el Estado E1, en el cual los granos de polen aún no están completamente formados, ya que se ven redondeados e inmersos en una solución líquida, no es lógico que estos granos presenten resultados positivos a los análisis de fertilidad; sin embargo, el hecho de que presenten tinción asegura que éstos son viables. Lo anterior coincide con los resultados citados por Bilbao y Castro (1996), quienes consideran no confiable determinar la fertilidad del polen por el método de tinción. Por lo tanto, no se recomienda hacer la determinación de la fertilidad del polen de feijoa por el método de tinción, debido a que no existe una relación lógica entre los resultados y el grado de desarrollo de los granos de polen.

Figura 1. Granos de polen teñidos con azul de lactofenol, zoom (10X).

Prueba de germinabilidad del polen para el Clon 8-4

Se consideró como grano de polen germinado aquél cuya longitud del tubo polínico emergido fuese el diámetro polar del respectivo grano de polen. La germinación de los granos de polen de feijoa en el clon 8-4, inició a las 10 horas, después de la siembra para el E3, y alcanzó el 80% de germinación, mientras que los otros dos estados no germinaron en el tiempo de medición establecido (figura 2).

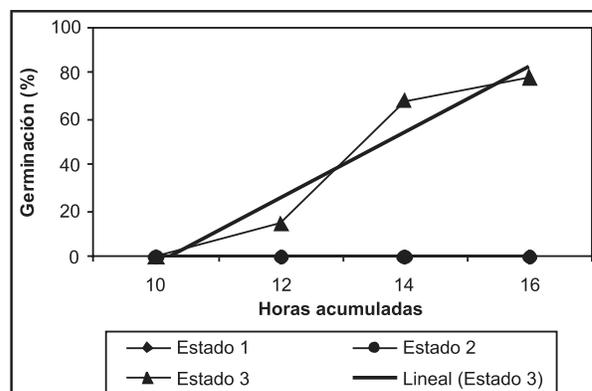


Figura 2. Porcentaje de germinación de polen de feijoa, clon 8-4, en tres estados de apertura floral con respecto al tiempo; incluyen la línea de tendencia del estado 3 ($y = -1,25x^2 + 34,95x - 37,75$, $R^2 = 0,92$).

No se consideró hacer observaciones luego de las 16 horas, ya que después de este tiempo, en condiciones de campo el polen, se ha deshidratado y ha perdido la viabilidad. La tendencia de la germinación se ajustó a un modelo de regresión lineal para el estado 3, en el que se evidenció que la germinación, luego de iniciar a las 10 horas, se incrementa progresivamente hasta alcanzar las 16 horas, con un 80% de granos de polen germinados en el E3. El modelo se ajustó de manera adecuada con el proceso realizado y tuvo un coeficiente de correlación de 92%. El E3 presentó diferencias altamente significativas con respecto al E1 y E2. Los granos de polen germinaron después de un tiempo prolongado (10 horas) debido, posiblemente, a algún tipo de latencia, propio de la especie, relacionada con el hecho que el polen es transportado por el viento y no sería conveniente para la especie misma que éste germine inmediatamente después de que se desprende de la antera.

Prueba de germinabilidad del polen para el Clon 41

La germinación de los granos de polen de *A. sellowiana* Berg en el clon 41(Quimba), inició a las 10 horas después de la siembra para el E2 y a las 12 horas para el E3; mientras que el E1 no germinó. Los Estados E2 y el E3 alcanzaron aproximadamente el 80% de germinación a las 16 horas de observación (figura 3).

Se observó que el E2 del clon 41 germinó antes que el E3, posiblemente por causa de precocidad del material. La tendencia de la germinación se ajustó a un modelo de regresión cuadrática para los estados 2 y 3 en el que se evidenció que la germinación, luego de iniciar a las 10 horas, se incrementa progresivamente hasta alcanzar las 16 horas. El modelo se ajustó de manera adecuada con el proceso realizado y tuvo 98% de coeficiente de correlación para el E2 y 99% para el E3. A las 16 horas, tanto el E2 como el E3 presentaron una diferencia altamente significativa con respecto al E1, pues los dos alcanzaron el

mismo porcentaje de germinación. A las 14 horas el E2 mostró diferencias marcadas con respecto al E1, con una germinación del 30%, mientras que el E3 presentó un comportamiento intermedio entre E2 y E1, con un porcentaje de germinación de 20%.

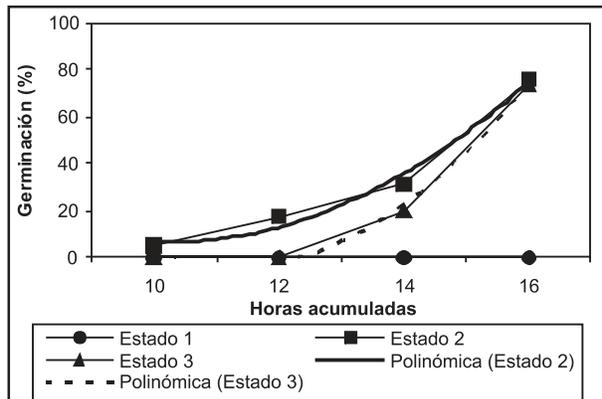


Figura 3. Porcentaje de germinación de polen de feijoa, clon 41, en tres estados de apertura floral con respecto al tiempo; incluyen las líneas de tendencia polinómicas del estado 2 ($y = 8,11x^2 - 17,77x + 16,06$, $R^2 = 0,98$) y estado 3 ($y = 13,51x^2 - 43,46x + 30,67$, $R^2 = 0,997$).

La prueba de germinación del polen indica la capacidad de los granos de polen in vitro para formar y desarrollar el tubo polínico, pero no evalúa la capacidad de crecimiento del polen, igual al que debe ser llevado a cabo en el pistilo, si ocurre fertilización (Parra, 2004). Para estudios posteriores, se sugiere extraer directamente del pistilo e identificar los componentes solubles que promueven el crecimiento del tubo polínico en condiciones naturales y evaluar, de esta manera, soluciones germinativas con distintas concentraciones, como por ejemplo los contenidos de boro, pues éste tiene un papel específico en el crecimiento del tubo polínico, ya que cada especie contiene cantidades diferentes de boro endógeno en el estigma y, por lo tanto, ocasiona una respuesta diferente a la adición del mismo (Saens, 1978).

El periodo de polinización efectiva se calcula

restando el número de días de longevidad del óvulo y los días que el tubo polínico necesita para alcanzar el saco embrionario. La diferencia entre los días de longevidad del óvulo y el número de días que tarda el tubo polínico en alcanzar el saco embrionario es el periodo de polinización efectiva. Este periodo es variable con las especies; así, mientras en el manzano la longevidad del óvulo es de 10 a 15 días, en el cerezo es de 4 a 5 días; por otra parte, el tiempo de desarrollo de los tubos polínicos también varía de 1 a 3 días, hasta 5 a 7 días, según la especie. Una polinización tardía puede impedir, por tanto, que los granos de polen alcancen el saco embrionario cuando este todavía es fértil, lo que impide así mismo la fecundación del ovulo (Azcón-Bieto y Talón, 2001).

Conclusiones

- Es importante tener en cuenta que un grano de polen es considerado como germinado y viable, cuando el tubo polínico alcanza longitudes superiores o iguales al diámetro polar del polen, lo cual significó, para el caso de la feijoa, que el grano de polen se considera viable cuando la longitud del tubo polínico es igual o mayor a 21 μm .
- No se recomienda hacer la determinación de la fertilidad del polen de *A. sellowiana* Berg por el método de tinción, debido a que no existe una relación lógica entre los resultados del 100% de granos teñidos de los 50 granos observados y el grado de desarrollo de los granos de polen del E1.
- En cuanto a la determinación de la germinación de los granos de polen del clon 8-4, con

respecto al estado de apertura floral considerado como E3 (flores cuyas anteras inician su apertura y los pétalos se encuentran maduros), se recomienda su utilización para la realización de polinización artificial y, de esta manera, descartar las causas por las cuales se puede producir la caída de flores y el aborto de cuajas.

- Con respecto al polen del estado E2 (flores con los sépalos desplegados completamente pero con los pétalos aún inmaduros) del clon 41, se concluye que desde este estado el material tiene capacidades germinativas que se prolongan hasta el E3, pero esto no significa ni garantiza que la posterior fecundación sea efectiva.
- El polen de feijoa presenta un estado de latencia de 10 horas como mínimo, tiempo en el cual no germinan los granos de polen, posiblemente porque el polen es transportado por el viento y no sería conveniente para la especie misma que estos granos germine inmediatamente después de que se desprende de la antera.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración del fruticultor y biólogo Camilo Quintero, del profesor Luís Carlos Jiménez del Instituto de Ciencias Naturales y de Rafael Cruz del Laboratorio de Fisiología Vegetal, Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C. Además, agradecen el apoyo prestado por el Laboratorio de Microbiología, Facultad de Medio Ambiente y Ciencias Naturales de la Universidad Francisco José de Caldas de Bogotá, D.C.

Literatura citada

Azcón-Bieto, J.; M. Talón. 2001. Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw Hill- Interamericana de España, Madrid. 581 p.
Bilbao, O.; C. Castro. 1996. Estudios preliminares para la obtención de semilla híbrida de clavel estándar (*Dianthus caryophyllus*) bajo las

condiciones de la Sabana de Bogotá, D.C. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C. 94 p.
Cárdenas, F. 2005. Análisis de la germinación del polen de cuatro especies forestales. Tesis de maestría.

- Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C.
- Cacioppo, O. 1988. La feijoa. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 83 p.
- Cortés, S., D. Palacios y A. Pinzón, 2004. Dinámica floral de la feijoa *Acca sellowiana* (Mirtáceas), Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C. (En preparación)
- Fischer, G. 2003. Ecofisiología, crecimiento y desarrollo de la feijoa. pp. 5-26. En: Fischer, G., D. Miranda; G. Cayón; M. Mazorra. Cultivo, poscosecha y exportación de la feijoa (*Acca sellowiana* Berg). Produmedios, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C. 5-26 p.
- Kozlowski, T.; S. Pallardy. 1997. Physiology of woody plants. Academic Press, San Diego, USA. 411 p.
- Lagos, T.; C. Caetano; F. Vallejo; J. Muñoz; H. Criollo; C. Olaya. 2005. Caracterización palinológica y viabilidad polínica de *Physalis peruviana* L. y *Physalis philadelphica* Lam. Agronomía Colombiana 23(1), 55-61.
- Parra, O. 2004. Estudios básicos de la biología floral y del polen en especies de *Bomarea* de la Cordillera Oriental de Colombia con potencial en mejoramiento genético. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C.
- Quintero, C. 2005. Comunicación personal. Bogotá, D.C.
- Restrepo, H. 2000. Caracterización de un huerto de semilla sexual de feijoa (*Acca sellowiana* Berg). Fitotecnia 36,
- Rodríguez, M. 2005. Estudio de crecimiento y desarrollo y de la maduración del fruto de feijoa (*Acca sellowiana* Berg) en los clones 41 (Quimba) y 8-4 en condiciones del municipio de la Vega, Cundinamarca. Tesis de maestría. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C.
- Saens, C. 1978. Polen y esporas. Introducción a la palinología y vocabulario palinológico. H. Blume Ediciones, España. 219 p.
- Shivanna, K. ; N. Rangaswamy. 1992. Pollen biology: A laboratory manual. Springer-Verlag, Berlín. 119 p.
- Stewart, A. 1987. Reproductive biology and pollination ecology of *Feijoa sellowiana*. Tesis de Doctorado. Universidad de Auckland, Nueva Zelanda.
- Tocornal, G. 1988. La Feijoa. En: Frutales no tradicionales: Kaki, Feijoa, Níspero, Zarzaparrilla. Publicaciones Misceláneas Agrícola No. 20. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago de Chile. 125-153 p.

Fecha de Recepción: 18 de marzo de 2007
 Fecha de Aceptación: 01 de agosto de 2007