

# CONSERVACIÓN *ex situ* DE SEMILLAS DE CUATRO ESPECIES ANDINAS DE Pasiflora

*Ex situ* CONSERVATION OF SEEDS OF FOUR ANDEAN SPECIES OF Pasiflora

Romero-Murcia, J.E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, Subdirección Científica, Grupo Especies y Propagación, Av. Calle 63 No. 68-95. CP. 111071. Bogotá, Colombia.

\*Autor correspondencia: jromero@jbb.gov.co - johanna@catie.ac.cr

## RESUMEN

Colombia tiene especies endémicas de *Pasiflora* L., ubicadas en la región andina, donde afrontan un alto riesgo de extinción por la deforestación, fragmentación y destrucción de hábitats. Los estudios ecofisiológicos en semillas, son importantes para los procesos de selección y conservación *ex situ* de especies nativas, además son un insumo para el mejoramiento de los frutales tropicales. Al respecto, el Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis cuenta con una colección viva de 32 especies de Pasiflora, de las cuales siete están representadas en el banco de germoplasma de semillas *ex situ*. El objetivo fue evaluar la respuesta germinativa bajo diferentes tratamientos y la tolerancia a la desecación de ocho pre-accesiones de cuatro especies de Pasiflora de zonas rurales de Bogotá Distrito Capital (*P. tripartita*; *P. tarminiana*; *P. pinnatistipula* y *P. mixta*). Se realizaron pruebas de contenido de humedad, de tolerancia a la desecación y de germinación, evaluando el porcentaje de germinación (PG) y tiempo medio de Germinación (TMG). No se observó efecto de los tratamientos sobre el PG y el TMG, ni latencia endógena en las semillas, y se determinó que, aunque un tratamiento alcance un menor TMG no siempre se obtiene un mayor PG. Seis pre-accesiones presentaron un claro comportamiento Ortodoxo (semillas que sobreviven a desecación), siendo fuentes semilleras útiles para la conservación *ex situ* de estas especies.

**Palabras clave:** Ecofisiología de germinación, tolerancia a la desecación, propagación, Passifloraceae.

## ABSTRACT

Colombia has endemic species of *Passiflora* L. mainly located in the Andean region, where they face a high risk of extinction due to deforestation, fragmentation and destruction of habitats. The studies of seed ecophysiology are important for processes of selection and *ex situ* conservation of native species, in addition to being an input for the improvement of tropical fruit trees. In this regard, the Botanical Garden of Bogota "José Celestino Mutis" has a live collection of 32 species of Pasiflora, of which seven species are represented in the *ex situ* germplasm seed bank. The objective was to evaluate the germinative response under different treatments and the tolerance from the drying of eight pre-accessions of four species of Pasiflora of rural areas of Bogotá Distrito Capital (*P. tripartita*; *P. tarminiana*, *P. pinnatistipula* and *P. mixta*). Several tests were performed of moisture content, desiccation tolerance and germination, evaluating the percentage of germination (PG), and the Average Time of Germination (ATG). An effect of the treatments on PG and ATG was not observed, nor endogenous latency in the seeds, and it was determined that although a treatment can reach a smaller ATG, it not always obtains a higher PG. Six pre-accessions showed a clear orthodox behavior (seeds that survive desiccation), being useful sources of seed for the *ex situ* conservation of these species.

**Key words:** Germination ecophysiology, tolerance to desiccation, propagation, Passifloraceae.

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 3, marzo, 2018. pp: 75-81.

**Recibido:** febrero, 2018. **Aceptado:** marzo, 2018.



## INTRODUCCIÓN

La conservación *ex situ* de semillas de especies nativas andinas, ha sido poco implementada en los bancos de germoplasma, debido a que no tienen características agronómicas deseables, aunque sean una fuente importante de reservorio de genes que pueden tener atributos de adaptación para retos futuros, tales como la seguridad alimentaria, cambio climático, control de plagas, enfermedades, uso eficiente del agua, bioenergía y nuevos usos de la biodiversidad (Lobo, 2006; Valencia *et al.*, 2010, Melgarejo, 2015). En Colombia están reportadas 167 especies de Pasiflora, con 57 endémicas, de las cuales el 95% son andinas, lo que implica un alto riesgo de extinción y pérdida de diversidad (Ocampo *et al.*, 2010). Aunque la propagación de Pasifloras se puede hacer por vía sexual y asexual, esta se realiza principalmente por semilla partiendo de la maduración adecuada del fruto, porque si las semillas no tienen una madurez fisiológica adecuada, el porcentaje de germinación se verá reducido (Miranda *et al.*, 2009). Existen inconvenientes para la germinación de las semillas relacionados con características fisiológicas, tales como la madurez incompleta de la semilla, testa rígida que impide la protrusión de la radícula (latencia exógena), características morfo-fisiológicas del embrión (latencia endógena) y características recalcitrantes que con el tiempo se reflejan en pérdida de la capacidad germinativa, para lo cual existen diferentes tratamientos, como por ejemplo, la hidratación (*hydropriming*), el reacondicionamiento con sales (*osmopriming*) y la aplicación de reguladores de crecimiento (Ramírez *et al.*, 2008). La conservación de las semillas a temperaturas de 4 °C, -20 °C y -196 °C, como recursos fitogenéticos, expresada en la longevidad en el tiempo, presenta variabilidad entre las especies, e incluso varía dentro de la misma especie debido a diferencias en el genotipo, el ambiente de desarrollo de los frutos y semillas, así como a las condiciones de almacenamiento (Hong y Ellis, 1996; Cardona, 2005; Ávila *et al.*, 2013; Posada *et al.*, 2014). Por esto, se considera que el potencial de longevidad de las semillas en el tiempo es una combinación de factores desde el ambiente durante la maduración de los frutos, la cosecha, periodo de cosecha, secado, tiempo de secado y ambiente de almacenamiento de las semillas (Hong y Ellis, 1996). Frente al comportamiento fisiológico de las semillas al almacenamiento, se conocen las categorías de semillas ortodoxas, que aumentan su longevidad a medida que disminuye el contenido de humedad y la temperatura de almacenamiento; semillas intermedias, que tienen una tendencia a que el contenido bajo de agua (entre 7 y 12%), dependiendo de la especie reduce su longevidad; y las semillas recalcitrantes, que no toleran la desecación (Hong y Ellis, 2002). Debido a la importancia de conservación de las pasifloras y la reducida información sobre las especies nativas andinas, es necesario estudiar las técnicas de reproducción, asexual y sexual, y las técnicas de conservación *ex situ*, como medios para su protección y conservación. Actualmente el Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis cuenta con una colección viva de 32 especies de Pasifloras, de las cuales siete están representadas en el banco de semillas provenientes de fuentes semilleras de la región rural del Distrito Capital de Bogotá. El presente estudio evaluó diferentes tratamientos pre-germinativos, y la tolerancia a la desecación en semillas de ocho pre-accesiones (semillas en evaluación, cuando se determina como conservarlas se convierten en accesión) de cuatro especies nativas

andinas de Pasifloras del Banco de Semillas del Jardín Botánico, José Celestino Mutis, bajo condiciones de invernadero.

## MATERIALES Y METODOS

Los lugares de recolecta fueron cuatro zonas de Bogotá, Distrito Capital, 1) Pasquilla, Páramo de Pasquilla (N4 26 35,4 – W74 9 25.3), 2) Mochuelo Alto, San Francisco (N4 27 48.4 – W74 9 21.7), 3) Reserva Thomas Van der Hammen; Bosque las Mercedes (N4 46 20,5 – W74 5 57) y 4) Jardín Botánico de Bogotá, José Celestino Mutis JBBJCM (N4 39 58.9 – W74 5 57.3). La altitud varió entre 2571m y 3070m (Figura 1). Se recolectaron e ingresaron especímenes de herbario codificados (LVPM 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182 y JRM057) que respaldan la certeza taxonómica, y frutos sanos (sin afectaciones fitopatógenas) en el punto de madurez de cosecha de las plantas madres encontradas en zonas de protección de riachuelos, parches de bosque, bordes de carretera y colecciones de conservación del JBBJCM, entre los meses de julio y agosto de 2016, época donde se encontró abundancia de cosecha de estas especies.

### Especies estudiadas y beneficio de frutos

En las cuatro zonas, se ubicaron cuatro especies de pasifloras, representadas en ocho pre-accesiones: *P. tarminiana* JBB33 y JBB52; *P. pinnastistipula* JBB40; *P. tripartita* JBB34, JBB42, JBB43 y JBB54 y *P. mixta* JBB32, algunas con variedades e introgresiones específicas. Las semillas se extrajeron de la pulpa de los frutos, lavaron y friccionaron contra un tamiz con abundante agua para remover el arilo. Para luego extenderlas sobre papel periódico y dejar secar a temperatura ambiente a la sombra por 48 h, para

finalmente hacer limpieza en seco de las partes remanentes del arilo.

### Pruebas de laboratorio y de germinación

Para determinar el contenido de humedad inicial (CHI), se pesaron cuatro grupos de  $\pm 0.5$  g de semillas, se colocaron en el horno a 103 °C por 17 h, se dejaron enfriar y pesaron para determinar el porcentaje de humedad de cada accesión (ISTA, 2017). Para determinar la disminución del contenido de humedad al 5% (CH 5%), se seleccionaron 200 semillas de cada pre-accesión, se pesaron y posteriormente se pusieron en bolsas de tela dentro de un frasco de vidrio con relación 1 semilla: 2 sílica para bajar su contenido de humedad al 5% de forma gradual en un periodo de entre 15 y 20 h. Para luego determinar la disminución de humedad con la fórmula  $PFS = PIS * [(100 - CHI) / (100 - CH_0)]$ . Donde: PFS: Peso final de las semillas, PIS: Peso inicial de las semillas, CHI: Contenido de humedad inicial, CH<sub>0</sub>: Contenido de humedad objetivo (Rao *et al.*, 2007). Para la prueba de germinación, se sembraron semillas con tratamientos que tenían como objetivo romper la latencia exógena con la realización de un corte basal; endógena con uso de hormona AG<sub>3</sub> a 400 mg kg<sup>-1</sup>, evaluar la respuesta a la tolerancia a la desecación CHI y CH5% y la respuesta al fotoperiodo en invernadero luz u oscuridad los primeros 30 d, para luego exponerlas a condiciones de luz/oscuridad natural en invernadero (Cuadro 1).

Todas se sembraron en bandejas de plástico con sustrato relación 40:40:20 tierra: cascarilla de arroz: turba rubia Klasmann, el cual fue humedecido una o dos veces por semana a capacidad de campo. El ensayo se mantuvo en condiciones de invernadero expuesto a deltas de temperatura variables entre noche y día de 7/33 °C.

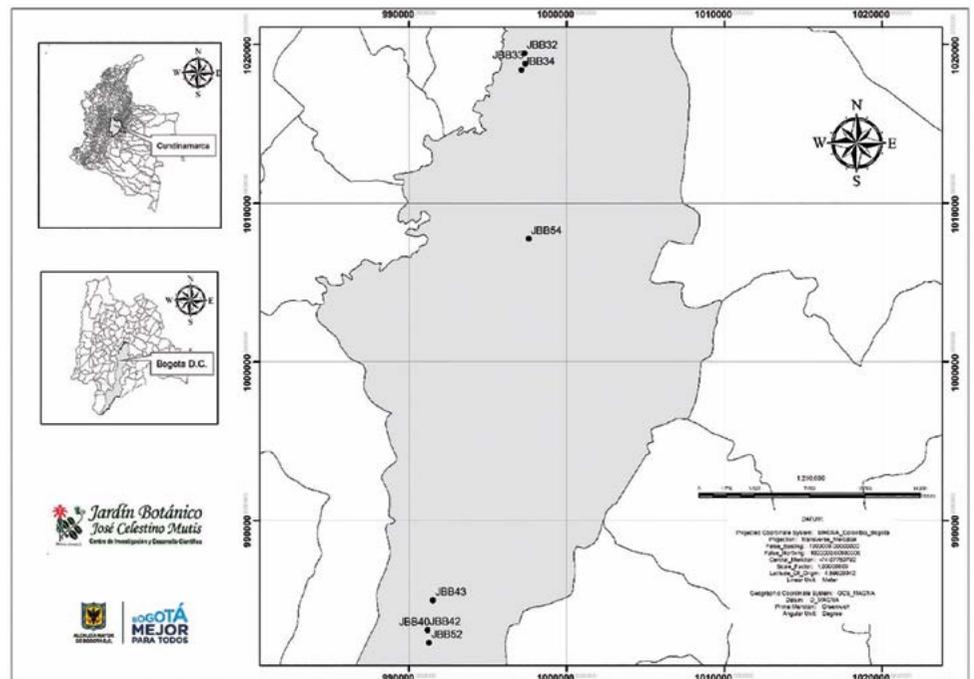


Figura 1. Mapa de ubicación pre-accesiones de *Passiflora* spp., evaluadas.

El ensayo de germinación se realizó en octubre 2016 y enero 2017, considerando como criterio de germinación la emergencia de plántulas, se hicieron lecturas cada ocho días, finalizando a los 102 días tiempo en el cual no se evidenció germinación por tres semanas seguidas o más en los tratamientos. Con los datos obtenidos se calcularon las siguientes variables: Porcentaje de Germinación (PG):  $PG = (N/NS) \times 100$ ; Donde: N=número de semillas germinadas y NS=número de semillas totales (William, 1991). Tiempo Medio de Germinación (TMG):  $TMG = \sum_{i=1}^k ni \times ti / \sum_{i=1}^k ni$ ; Donde: ti=tiempo en días, para la germinación en el i-ésimo día; ni=número de semillas germinadas en el i-ésimo día y k=última germinación (Tompsett y Pritchard, 1998).

Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) sembrando cuatro réplicas de 20 semillas por tratamiento. Se evaluó la normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilks (modificado)

(modificado) ( $p \leq 0.05$ ), con las variables que no cumplieron el supuesto de normalidad se hizo un análisis de Kruskal Wallis, y con las que si lo cumplieron, se realizó un análisis de varianza, ANOVA para determinar diferencias entre tratamientos. Además, se

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en semillas de las pre-accesiones de *Passiflora* spp.

Tratamiento	Contenido de Humedad	AG <sub>3</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Fotoperiodo primeros 30 d
1	CHI	400	Luz
2	CHI	400	Oscuridad
3	CH 5%	400	Luz
4	CH 5%	400	Oscuridad
5	CHI	0.0	Luz
6	CHI	0.0	Oscuridad

hizo un Análisis de Conglomerados (AC) como método exploratorio de la estructura de los resultados entre pre-accesiones. Se utilizó el programa estadístico INFOSTAT Versión 2014 (Di Rienzo *et al.*, 2008).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Contenido de humedad y pruebas de germinación

El CH inicial de las pre-accesiones se encontró en un rango entre 9.52% y 12.66% en las semillas (Cuadro 2). En general, la germinación inicio entre los 21 y 35 d después de sembradas las semillas, los resultados de PG mostraron que no hubo diferencias estadísticamente entre tratamientos ( $p=0.8766$ ), pero si entre las pre-accesiones ( $p=2.2e-16$ ) y entre las especies ( $p=8.692e-09$ ); pero en el TMG si se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ( $p=0.01037$ ), las pre-accesiones ( $p=8.692e-09$ ) y las especies ( $p=6.535e-05$ ).

Durante la primera fase de maduración del fruto las semillas aumentan su peso fresco debido al ingreso del agua y a la asimilación de nutrientes, pero al alcanzar su máximo peso fresco el CH tiende a bajar debido a que pasa a una fase donde hay tolerancia a la desecación; por lo tanto, se puede asumir que cuando hay menor CH en la semilla su madurez fisiológica es mayor (Angelovici *et al.*, 2010), no obstante, esto no tuvo una relación con los porcentajes de germinación obtenidos. Al realizar los análisis por pre-accesión (Cuadro 3) se observa que la JBB34 presentó diferencias estadísticas significativas

entre tratamientos ( $p=0.019$ ), siendo T2(CHi-AG<sub>3</sub>-Oscu) y T6(CHi-SinAG<sub>3</sub>-Oscu) los que presentaron mayor PG, del 25%, los cuales tuvieron en común el CHI y la oscuridad los primeros 30 dds. Asimismo, en el TMG también se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p=0.0127$ ) siendo T4 (CH5%-AG<sub>3</sub>-Oscu) el que tuvo el menor TMG (28,88d). No obstante, que las pre-accesiones JBB42, JBB43, JBB54 y JBB33 no presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos ( $p>0.05$ ) en su PG, si registraron diferencias estadísticas en el TMG ( $p<0.05$ ), teniendo el menor TMG JBB42(23,8d), JBB43(20,13d) y JBB33(28,6d) en el T2(CHi-AG<sub>3</sub>-Oscu) y en JBB54(25,25d) en el T5(CHi-SinAG<sub>3</sub>-Luz); en tanto, las pre-accesiones JBB52, JBB40 y JBB32 no mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos al evaluar el PG y el TMG ( $p>0.05$ ).

Al analizar el conjunto de datos (Cuadro 3) se observa que T3(CH5%-AG<sub>3</sub>-Luz) fue el tratamiento que mostró repetidamente los mayores PG y que el T4(CH5%-AG<sub>3</sub>-Oscu) fue el que tuvo los menores TMG, indicando que quizás un bajo contenido de humedad puede mejorar el PG y disminuir el TMG. Se observa también, que las pruebas de germinación independientemente de los tratamientos, presentaron resultados mayores a 60% bajo condiciones de invernadero, debido posiblemente al efecto de la escarificación de la testa y a los cambios de temperatura que se asemejan a los que se presentan en un medio natural, escenario que permitió la expresión de un buen potencial de germinación de las

**Cuadro 2.** Contenido de Humedad de las semillas de Pasiflora<sup>1</sup>.

Pre-accesión	Especie	Origen/altitud (m)	Humedad semillas (%)
JBB34	<i>P. tripartita</i> ; Var. Mollissima	RTVH 2571	12,66
JBB42	<i>P. tripartita</i> ; Var. Mollissima	Moch 3064	10,53
JBB43	<i>P. tripartita</i> ; Var. Mollissima Introgresión <i>P. mixta</i>	Pasq 3029	11,98
JBB54	<i>P. tripartita</i> ; Var. Mollissima	JBB 2594	9,52
JBB33	<i>P. tarminiana</i> ; Introgresión <i>P. tripartita</i> Var. Mollissima	RTVH 2575	9,78
JBB52	<i>P. tarminiana</i> : Intrigresión <i>P. tripartita</i> Var. Tripartita	Pasq 3070	9,99
JBB40	<i>P. pinnatistipula</i>	Pasq 3017	10,19
JBB32	<i>P. mixta</i>	RTVH 2584	11,25

<sup>1</sup>Pasq (Páramo de Pasquilla), Moch (Mochuelo Alto), RTVH (Reserva Thomas Van der Hammen), JBB (Jardín Botánico de Bogotá).

**Cuadro 3.** Resultados de PG y TMG de cada pre-accesión de *Pasiflora* y sus tratamientos<sup>1</sup>.

Pre-accesión	Variable Respuesta	n*T	Tratamientos						P Valor
			T1	T2	T3	T4	T5	T6	
JBB34 <i>P. tripartita</i> RTVH	PG	80	17,5 ab	<b>25,0 b</b>	7,5 a	8,75 a	<b>22,5 b</b>	<b>25,0 b</b>	0,019**
	D.E.		5,0	5,77	6,4	6,2	5,0	15,8	
	TMG	80	43,3	55,1	30,0	<b>28,8</b>	54,4	43,2	0,0127
	D.E.		6,3	4,4	22,2	19,4	6,0	6,0	
JBB42 <i>P. tripartita</i> Moch	PG	80	23,7	22,5	23,7	26,2	23,7	20	0,9798
	D.E.		6,2	6,4	11,0	19,3	8,5	9,1	
	TMG	80	38,1 bc	<b>23,8 a</b>	48,1 c	40,6 c	41 c	<b>28,9 ab</b>	0,0007**
	D.E.		3,9	7,0	8,0	8,9	7,1	1,1	
JBB43 <i>P. tripartita</i> Pasq	PG	80	10	12,5	21,2	16,2	21,2	16,2	0,1761
	D.E.		4,0	2,8	8,5	11,0	4,7	6,2	
	TMG	80	32,3	<b>20,1</b>	39,0	30,5	40,6	33,2	0,0316
	D.E.		5,2	13,6	13,1	2,3	8,3	3,9	
JBB54 <i>P. tripartita</i> JBB	PG	80	25,0	22,5	36,2	32,5	28,7	27,5	0,1392
	D.E.		7,0	2,8	7,5	6,4	11,0	6,4	
	TMG	80	52,3 b	41,4 ab	47,7 b	35,1 ab	<b>25,2 a</b>	39,7 ab	0,0516**
	D.E.		15,2	13,7	3,9	3,8	17,3	6,5	
JBB33 <i>P. tarminiana</i> RTVH	PG	80	50,0 ab	52,5 ab	61,2 b	56,2 ab	43,7 ab	36,2 a	0,1753**
	D.E.		8,16	17,0	2,5	21,3	11,0	12,5	
	TMG	80	31,5 a	<b>28,6 a</b>	41,4 c	36,8 b	36,4 b	29,3 a	<0,0001**
	D.E.		2,4	3,0	1,2	2,9	0,5	1,1	
JBB52 <i>P. tarminiana</i> Pasq	PG	80	23,7 ab	30,0 b	30,0 b	15,0 ab	12,5 a	18,7 ab	0,1112**
	D.E.		6,2	9,1	14,7	10,8	6,4	11,8	
	TMG	80	50,7	46,5	52,9	28,3	51,9	46,0	0,2724
	D.E.		10,0	4,5	5,6	28,2	7,4	0,8	
JBB40 <i>P. pinnatistipula</i> Pasq	PG	80	5,0 a	8,7 a	7,5 a	2,5 a	7,5 a	12,5 a	0,3319**
	D.E.		4,0	8,5	8,6	5,0	2,8	5,0	
	TMG	80	23,6	17,9	25,3	8,7	54,0	24,0	0,5629
	D.E.		17,4	12,3	20,0	17,5	38,1	3,5	
JBB32 <i>P. mixta</i> RTVH	PG	80	11,2	7,5	3,7	5	11,2	11,2	0,0837
	D.E.		4,7	2,8	4,7	4,0	2,5	4,7	
	TMG	80	41,7	48,1	28,3	25,3	42,0	41,1	0,4441
	D.E.		6,3	19,4	37,2	17,9	7,5	12,7	

<sup>1</sup>Pasq(Páramo de Pasquilla), Moch(Mochuelo Alto), RTVH(Reserva Thomas Van der Hammen), JBB(Jardín Botánico de Bogotá), T1(CHi-AG<sub>3</sub>-Luz), T2(CHi-AG<sub>3</sub>-Oscu), T3(CH5%-AG<sub>3</sub>-Luz), T4(CH5%-AG<sub>3</sub>-Oscu), T5(CHi-SinAG<sub>3</sub>-Luz), T6(CHi-SinAG<sub>3</sub>-Oscu), PG(Porcentaje de Germinación), TMG(Tiempo Medio de Germinación), D.E.(Desviación Estándar), (\*\*)Análisis de Varianza, medias con letras iguales no difieren estadísticamente.

pre-accesiones. Al respecto, se ha documentado que la remoción parcial de la testa por métodos mecánicos, y el cambio drástico de temperatura, son factores determinantes en la germinación de las pasifloras (Gutiérrez *et al.*, 2011; Velásquez *et al.*, 2012). Sin embargo, las diferencias encontradas para PG y TMG entre los tratamientos en algunas pre-accesiones, no registraron una tendencia clara que permitiera concluir un efecto determinante a un tratamiento, al igual que las diferen-

cias encontradas en tolerancia a la desecación de las semillas entre las pre-accesiones y dentro de una misma especie (ortodoxas e intermedias o recalcitrantes), lo que corrobora que la variabilidad de respuesta entre las pre-accesiones y dentro de las especies se da probablemente por diferencias en el genotipo, el ambiente de desarrollo de las semillas, y por el bajo grado de domesticación de las pre-accesiones recolectadas (Lobo, 2006; Hong y Ellis, 1996).

Todas las pre-accesiones excepto JBB34 y JBB32, presentan un claro comportamiento ortodoxo al responder los tratamientos con CH5% similar a los de CHI, lo que permite su conservación a largo plazo a bajas temperaturas (-20 °C). Discrepante a lo que sucede en general con las Pasifloras domesticadas, que se catalogan como semillas ortodoxas o tolerantes a la desecación con posibilidad de secarlas entre 6% y 8% (Miranda *et al.*, 2009). Se pudo establecer que las pre-accesiones evaluadas no tienen dormancia endógena debido a que no se encontraron diferencias claras en los PG en presencia o ausencia de AG<sub>3</sub>. Contrario a lo reportado por Cardozo (1988) y Velásquez *et al.* (2012) tanto en laboratorio como en invernadero en *P. mollisima* y *P. edulis*, respectivamente, quienes indican que la mayor cantidad de semillas germinadas se obtienen al realizar corte apical con aplicación de AG<sub>3</sub>. También, se observó que no hubo un patrón de respuesta de la germinación a la presencia o ausencia de la luz los primeros 30 días después de sembradas las semillas, mostrando que, bajo las condiciones del ensayo, la luz o la oscuridad no fue un factor determinante para la germinación, indicando que las semillas de las especies evaluadas no son fotoblasticas. No obstante, Aular *et al.* (1994) han determinado la fuerte influencia de la luz sobre la germinación de las semillas de *Passiflora edulis* registrando prácticamente inhibida la germinación en presencia de luz fluorescente continúa. Las fallas en la germinación dependen del tipo de luz que se utiliza, y no tiene el mismo efecto sobre la germinación en semillas de Pasiflora (Miranda *et al.*, 2009, Flores, 2010). Por lo tanto, a futuro es importante evaluar este tratamiento a parte y con tratamientos continuos de luz y oscuridad para poder concluir específicamente sobre esta variable.

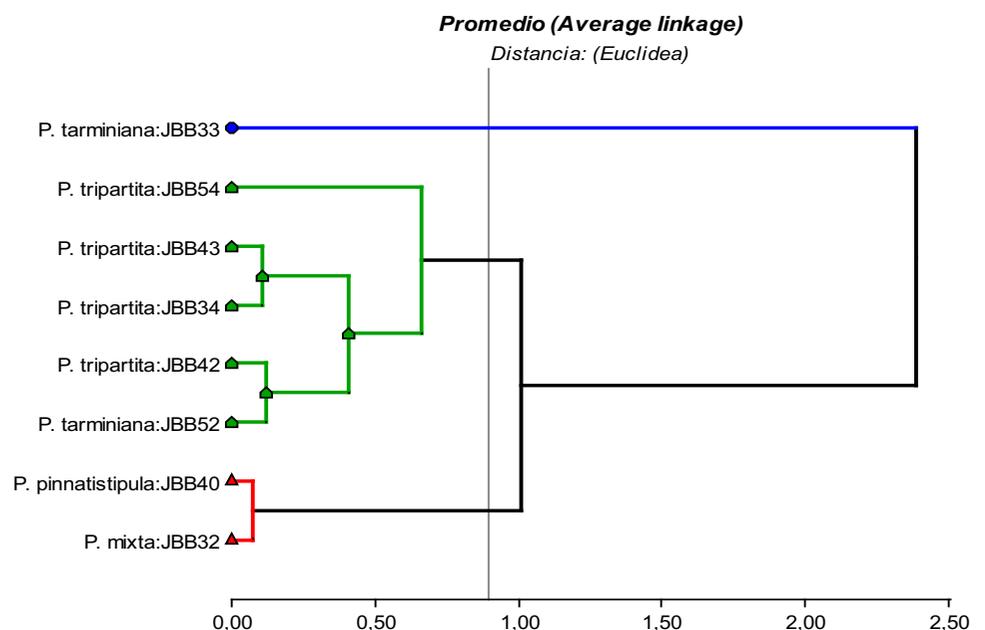
### Respuesta interespecífica

Al usar los resultados únicamente de la variable respuesta PG para el Análisis de Conglomerados (Figura 2) se encontró, que se forman tres grupos según la respuesta a la germinación, el primero separa a *P. tarminiana* JBB33 pre-accesión que ha demostrado ser la que obtuvo mayores PG, seguido del segundo que agrupa principalmente a pre-accesiones

de *P. tripartita* y una de *P. tarminiana* que se determinó con introgresión *P. tripartita* y por último el tercero que agrupa a las dos especies que tuvieron menores PG *P. pinnatistipula* y *P. mixta*. El análisis multivariado es una opción importante para determinar asociaciones y estructuras de las variables respuesta, en este caso se permitió evaluar la similitud de comportamiento entre diferentes pre-accesiones frente al PG estableciendo que para la conservación *ex situ* de las especies *P. tarminiana* y *P. tripartita*, las pre-accesiones JBB33 y JBB54 respectivamente, son mejores por su respuesta de germinación, y que para *P. pinnatistipula* y *P. mixta* se debe buscar y evaluar más fuentes semilleras que tengan mejor potencial germinativo, lo que a su vez se puede reflejar en un mejor potencial de conservación a largo plazo.

### CONCLUSIONES

No se encontró una efectividad determinante de un tratamiento sobre el PG y TMG en las pre-accesiones y las especies, el efecto de AG<sub>3</sub> no tuvo una respuesta diferencial en la germinación lo que indica la ausencia de dormancia endógena. Un tiempo medio de germinación bajo no siempre se traduce en un alto porcentaje de germinación. La mayoría de las pre-accesiones son altamente potenciales para la conservación *ex situ* a largo plazo (-20°C) al responder con PG similares a los de CHI y CH5% con y sin hormona AG<sub>3</sub>, determinándolas como ortodoxas. Las evaluaciones de ecofisiología germinativa bajo diferentes condiciones son importantes para poder conocer todo el



**Figura 2.** Dendrograma de las pre-accesiones de Passiflora, evaluadas sobre la variable respuesta PG.

potencial germinativo de las pre-accesiones, lo cual es relevante para el guarde de las semillas a bajas temperaturas 4°C–20°C y para la posterior reactivación de una accesión luego de salir de condiciones de almacenamiento, permitiendo hacer comparaciones significativas para evaluar la viabilidad de las semillas en el tiempo y la efectividad del método de conservación.

## AGRADECIMIENTOS

A la Subdirección Científica del Jardín Botánico de Bogotá por apoyar y financiar el desarrollo de estas investigaciones, a Juan Manuel Pech-Canché por la colaboración en la revisión del artículo y a John Albeiro Ocampo Pérez por el apoyo para la determinación botánica.

## LITERATURA CITADA

- Angelovivi R., Galili G., Fernie A., Fait A., 2010. Seed desiccation: a bridge between maturation and germination. *Trends in Plant Science*. (USA). 15:11-218.
- Aular J., Bautista D., Maciel N. 1994. Influencia de la luz, la profundidad de siembra y el almacenamiento sobre la germinación y emergencia de la parchita. *Agronomía Tropical*. (Venezuela) 46:73-83.
- Ávila T., Mercado G., Aguilar N. 2013. Crioconservación de germoplasma vegetal en Bolivia. En: Gonzáles M.T., Florent E. 2013. Crioconservación de plantas en América Latina y el Caribe. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. p. 65-74.
- Cardona C.E., Aramendiz H., Robles J., López V., Ubames J. 2005. Efecto de diferentes ambientes y empaques sobre la viabilidad de semillas de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Deneger). *Temas Agrarios*. (Colombia). 10(2):15-25.
- Cardozo G. 1988. Efecto de la escarificación y la dosis del ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) en la germinación de semilla de curuba (*Passiflora mollisima*). *Acta Biológica Colombiana*. (Colombia). 1(4):127-132.
- Di Renzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. 2008. InfoStat (versión 2008), Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. p 167-231.
- Flores E.M. 2010. Biología de las semillas. En: Vozzo JA (Ed.) Manual de semillas de árboles tropicales. Departamento de Agricultura de los Estado Unidos, Servicio Forestal. Estados Unidos, Washington DC. p 9-120.
- Gutiérrez M.A., Miranda D., Cárdenas JF. 2011. Efecto de tratamientos pregerminativos sobre la germinación de semillas de gulupa (*Passiflora edulis* Sims.), granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.) y cholupa (*Passiflora maliformis* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* (Colombia) 5(2): 209-219.
- Hong T.D., Ellis R.H. 1996. A protocol to determine seed storage behavior. Technical Bulletin No. 1. Engels and Toll (eds). International Plant Genetic Resources Institute IPGRI, Rome, Italy. 62p.
- Hong D.T., Ellis R.H. 2002. Almacenamiento. In: Vozzo JA (Ed.). Tropical tree seed manual. USDA Forest Service. USA, Washington DC. p 129-142.
- ISTA 2017. International Rules for Seed Testing. The International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland. Disponible desde Internet en: <https://www.seedtest.org/en/ista-rules-for-2017--content--1--1448.html>. [Con acceso el 01/07/2017].
- Lobo M. 2006. Recursos genéticos y mejoramiento de frutales andinos: una visión conceptual. *Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria* (Colombia). 7(2): 40-54.
- Melgarejo L.M. 2015. Granadilla (*Passiflora ligularis* Juss): Caracterización ecofisiológica del cultivo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias: Colciencias: Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico de las Pasifloras de Colombia – CEPAS (Bogotá). 304p.
- Miranda D., Perea M., Magnitskiy S. 2009. Propagación de especies pasifloráceas. En: Miranda D., Fischer G., Carranza C., Magnitskiy S., Casierra F., Piedrahita W., Flárez L. (Ed). Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. Bogotá, Colombia. p: 69-96.
- Ocampo J., Coppens G., Jarvis A. 2010. Distribution of the genus *Passiflora* L. diversity in Colombia and its potential as an indicator for biodiversity Management in the Coffee Growing Zone. *Diversity* (Switzerland). 2(11): 1158-1180.
- Posada P., Ocampo J., Santos L.G. 2014. Estudio del comportamiento fisiológico de la semilla de tres especies cultivadas de *Passiflora* L. (Passifloraceae) como una contribución para la conservación *ex situ* *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* (Colombia) 8(1):9-19.
- Ramirez C., Hilhorst H., Hodson E. 2008. Viability and seed germination of *Passiflora mollisima* (H.B.K) Bailey according to provenance and fruit ripening stage. *Red Alfa Lagrotech*. 146-190pg. Disponible desde internet en: [http://educon.javeriana.edu.co/lagrotech/images/claudia\\_ramirez.pdf](http://educon.javeriana.edu.co/lagrotech/images/claudia_ramirez.pdf)
- Rao N.K., Hanson J., Dulloo E.M., Ghosh K., Nowell D., Larinde M. 2007. Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma No.8. Bioersivity International. Roma, Italia. 165p.
- Tompsett P.B., Pritchard H.W. 1998. The effect of chilling and moisture stress on the germination, desiccation tolerance and longevity of *Aesculus hippocastanum* L. seeds. *Annals of Botany* (Oxford, United Kingdom) 82:249-261.
- Valencia R., Lobo M., Ligarreto G. 2010. Estado del arte de los recursos genéticos vegetales en Colombia: Sistema de Bancos de Germoplasma. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria* (Colombia) 11(1):85-94.
- Velásquez J.D. Melgarejo L.M., Stanislav M. 2012. Tratamientos pregerminativos en semillas de Gulupa *Passiflora edulis* Sims. En: Melgarejo LM (Ed) Ecofisiología del cultivo de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. p: 84-89.
- William R. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales. ROMA. FAO. Disponible desde Internet en: <http://www.fao.org/docrep/006/ad232s/ad232s00.htm#TOC>. [Con acceso el 01/23/2017].