

Germinación, crecimiento y desarrollo *ex situ* de *Puya bicolor* Mez (BROMELIACEAE) durante 32 meses en Bogotá, Colombia

Germination, growth and *ex situ* development of *Puya bicolor* Mez (BROMELIACEAE) during 32 months in Bogotá, Colombia

Adriana Pico Villalobos

Jardín Botánico de Bogotá (JBB)

Resumen

Puya bicolor Mez es un cardón endémico de Colombia, de 1,4-1,9 m de altura, distribuido en páramos de Boyacá, Norte de Santander y Cundinamarca, entre 2420-3500 msnm, bajo categoría Casi Amenazado. En 2002 el JBB colectó semillas en Bogotá y Choachí, en el Páramo de Cruz Verde y se han adaptado *ex situ* al JBB, donde su ciclo de vida promedio ha sido de 1200 días (40 meses). En julio de 2013, de 240 semillas frescas, el 28%-55%/réplica germinan el Día 21, el Día 28 hasta 98%/réplica y en una réplica hasta el Día 129 (80% esa réplica). Las semillas son fotoblásticas (positivo a luz) y germinan en rango de tiempo similares a otras puyas. Los polinizadores en JBB son colibrís, insectos y el viento. Desarrollan 1 hoja (cotiledón), 204/205 plántulas vivas entre Días 21-42, el Día 67 predominan las de 4 hojas, equivalente a cotiledón y 3 hojas verdaderas (103/199 vivas) y 5 hojas (81/199), el Día 94 se evidencian las espinas foliares y predominan plántulas de 6 hojas (114/191 vivas) y 5 hojas (45/191). El Día 129 desarrollaron 4 a 10 hojas (84/197 vivas con 8 hojas) y entre los Días 129-161 entre 5 y 10 hojas. Se sembraron en materas de diámetro 14, 12 y 8 cm (p14, p12 y p8), el Día 950 se evaluaron 7 plántulas/tamaño y se registró mayor diámetro de roseta y altura por efecto de materas p14 (promedio 62,4 cm y 20,5 cm respectivamente), sobretodo con relación a p8 (41,6 cm y 15,5 cm).

Palabras clave: *Bromeliaceae*, bromelias, *Puya*, páramo, Colombia, propagación

Abstract

Puya bicolor Mez is a cardon endemic to Colombia, 1.4-1.9 m high, distributed in the páramos of Boyacá, Norte de Santander and Cundinamarca, between 2420-3500 masl, under the Near Threatened category. In 2002 the JBB collected seeds in Bogotá and Choachí, in the Páramo de Cruz Verde and they have adapted ex situ to JBB, where their average life cycle has been 1200 days (40 months). In July 2013, 240 fresh seeds, 28% -55% / replica germinate on Day 21, Day 28 to 98% / replica and in a replica until Day 129 (80% that replica). The seeds are photoblásticas (positive to light) and germinate in time range similar to other puyas. The pollinators in JBB are hummingbirds, insects and the wind. They develop 1 leaf (cotyledon), 204/205 live seedlings between Days 21-42, on Day 67 they predominate those of 4 leaves, equivalent to cotyledon and 3 true leaves (103/199 alive) and 5 leaves (81/199), the Day 94 the leaf spines are evident and seedlings of 6 leaves (114/191 live) and 5 leaves (45/191) predominate. On Day 129 they developed 4 to 10 leaves (84/197 live with 8 leaves) and between Days 129-161 between 5 and 10 leaves. They were planted in pots of 14, 12 and 8 cm diameter (p14, p12 and p8), on Day 950 7 seedlings / size were evaluated and greater diameter of rosette and height was recorded due to the effect of p14 pots (average 62.4 cm and 20.5 cm respectively), especially in relation to p8 (41.6 cm and 15.5 cm).

Keywords: Bromeliaceae, bromeliads, *Puya*, páramo, Colombia, propagation

Introducción

Las bromelias (Bromeliaceae) son originarias del continente americano, se distribuyen desde el sur de USA hasta Argentina. Las puyas o cardones, de la subfamilia Pitcairnioideae, comprende plantas terrestres con espinas foliares, las basales recurvadas como garfios o ganchos, semillas secas, aladas y usualmente bidimensionales, que emergen de tres carpelos dehiscentes longitudinales. Las puyas son nativas de la Cordillera de los Andes y de la zona sur de Centroamérica (BETANCUR, 2016, BSI, 2016, SANTOS et al, 2009, DAMA, 2001, OLIVA-ESTEVA, 2000, BAENSCH Y BAENSCH, 1996 y OLIVA-ESTEVA et al, 1987).

En Colombia se registran 36 especies de *Puya*, de ellas *Puya bicolor* Mez es endémica del país y de los departamentos de Boyacá, Norte de Santander y Cundinamarca, entre 2420-3500 msnm (BETANCUR, 2016 y THE PLANT LIST,

2016). Se presentan para esta especie en el Herbario COL 12 excicados de Cundinamarca (Bogotá, Chía y Suesca) y Boyacá (Aquitania, Duitama y Paipa), en el Portal de Datos SiB Colombia (SiBCOLOMBIA, 2013), presenta 5 registros para Colombia, en la zona central del país y el Florida Council of Bromeliad Society, FCBS (2016) evidencia un registro en Norte de Santander (Pamplona). El material de esta investigación fue colectado en Bogotá y el municipio de Choachí, en el Páramo de Cruz Verde, a 3000 msnm, excicado A-PICO #996 depositado en Herbario JBB (PICO, 2014a). Figura 1.

La descripción de *P. bicolor* (DAMA, 2001) es: cardón de "150 a 200 cm de altura, inflorescencia terminal y erecta de mínimo 140 cm de largo, bipinnada y raquis visible. Presenta hojas arrosetadas, hojas de 70 a 90 cm de largo y 3 a 5 cm de ancho, sin pseudopeciolo, con envés lepidota, triangulares y margen aserrada. Las brácteas florales no son imbricadas, no presentan carina, de 15 mm de longitud, más cortas que los sépalos, cafés, tomentosas, ápice erecto y margen entera. *P. bicolor* tiene flores con pedicelo de 5 a 9 mm de largo y polísticas, sépalos de de 1,7 cm de largo, tomentosos, simétricos, libres y sin carina; pétalos de 3,4 a 3,5 cm de longitud, azul claro a verde aguamarina y sin lígula". En el Jardín Botánico de Bogotá (JBB) se desarrollan usualmente ejemplares de 1,7-2,1 m de altura. Figura 1.

Hábitat, distribución y estado de amenaza. *P. bicolor* se restringe a ecosistemas de páramo o arbustales de sub-páramo, donde forma poblaciones bastante densas (SANTOS et al, 2009 y DAMA, 2001). *P. bicolor* se desarrolla en zonas secas, rocosas y altas de la cordillera Oriental (HERNÁNDEZ, 2013). La especie se registra bajo amenaza, como Casi Amenazada (BETANCUR, 2016 y GARCÍA et al, 2006).

Germinación del género *Puya*. Las puyas se desarrollan en los páramos andinos y son reducidas las investigaciones *in situ* y *ex situ* en Colombia y suramérica de su germinación, crecimiento y desarrollo, tipos y efecto de la conservación de semillas, posible dormancia y efecto del fitocromo (PICO, 2014b y MORA et al, 2007). Como parte del mantenimiento en condiciones *ex situ* en el JBB de especies andinas, altoandinas y de páramo, se colectan, adaptan y propagan continuamente especies prioritarias (JBB 2016, PICO 2014a, 2014b y 2002).

En condiciones *ex situ*, el JBB ha registrado germinación no-experimental de *Puya bicolor* en menos de 30 días (PICO, 2002). El JBB con 154 semillas frescas de *P. santosii* Cuatrec., obtuvo germinación entre los Días 28 (21%-30%/réplica) y Día 56 especialmente y pocas semillas germinan hasta el Día 87, 29%-48%/réplica

(PICO, 2014b). Allí también se registró en 40 semillas de *P. loca*, con 14 meses de almacenamiento en condiciones ambientales, germinación entre los Días 19 y 30 (75,0% máximo) y ninguna germinación posterior, Días 31-61 (PICO 2014c), por tanto estas dos puyas tienen respuesta fotoblástica (positivo a luz).

La principal estrategia regenerativa de las plantas dominantes de páramo es la reproducción clonal (KÖRNER, 1999, CHAPARRO et al, 2003 y BONILLA et al, 2005 en MORA et al, 2007) y se desconocen en general aspectos de las estrategias de regeneración sexual (RUNDEL et al, 1994, LUTEYN, 1999 y BONILLA 2005 en MORA et al, 2007).

En en 2001 y 2002, MORA et al (2007) evaluaron la germinación de *Puya cryptantha* y *P. trianae* con semillas enterradas vs germinadas en condiciones de laboratorio, mediante dos poblaciones de Cundinamarca, del Parque Nacional Natural Chingaza, a 3200 msnm, en condiciones *in situ* y *ex situ*. La viabilidad inicial en condiciones de laboratorio de éstas dos, se determinó a partir de 300 semillas no-enterradas (5 grupos de 60 semillas). La viabilidad *in situ* se determinó enterrando semillas hasta 12 meses (60 semillas seleccionadas de 10 plantas madre/bolsa en 63 bolsas de fibra de vidrio con suelo tamizado). En cada población se delimitaron 2x2 m, se removió la capa vegetal, se colocaron las bolsas a suelo descubierto y se cubrieron. Mensualmente se determinó número de semillas germinadas, viables e inviables con 5 bolsas/población. La viabilidad en condiciones de laboratorio fue alta a lo largo del año, con proporción de semillas viables¹ de 90,0%, con valores superiores a 85,0% en la mayoría de meses para las 4 poblaciones y germinación en condiciones de laboratorio superiores a 90,0% cuando son hidratadas y mantenidas bajo luz natural (datos no publicados en MORA et al, 2007), comportamiento que también se registra en otras especies (MORA et al, 2007).

La germinación de las semillas enterradas de *Puya cryptantha* y *P. trianae* inició el mes 5 (abril de 2012) con registros en 3/4 poblaciones. La germinación se considera baja (3,1%) para las 4 poblaciones y varió significativamente a lo largo de 12 meses, aunque el comportamiento no dependió de la población, la germinación nunca superó el 5%/mes. El 44,3% promedio de semillas enterradas de las 4 poblaciones durante 12 meses germinaron en condiciones de laboratorio.

¹ viables, no obliga a germinadas

No se encontraron diferencias significativas entre las poblaciones posiblemente por la alta variabilidad entre las poblaciones y al interior de cada población.

La germinación de semillas enterradas de *P. cryptantha* y *P. trianae* es muy baja comparada con las germinadas en laboratorio. Los investigadores sugieren que la germinación *in situ* de éstas está asociada al inicio de lluvias, dado que hubo incremento de la precipitación desde marzo de 2002 (FAGUA 2002 en MORA et al, 2007). Por tanto, es posible que factores como la luz, pueden haber causado los bajos niveles de germinación en semillas enterradas de estas dos puyas (ESTRADA et al, 1988, GARWOOD, 1989, VÁZQUEZ-YANES et al, 1992, SMITH et al, 1994, PEARSON et al, 2002 en MORA et al, 2007).

SMITH et al (1974) indican que las radiaciones cíclicas o luz continua promueven la germinación en muchas bromelias, afectando la velocidad de germinación del género *Puya* y específicamente en *P. berteroniana*, la correlación inversa con la temperatura, con mayor germinación a 15 °C y menor a 25 °C. MERCIER Y GUERREIRO, 1990 (en Vadillo et al, 2004) registraron en la bromelia *Pitcairnia flamea* disminución de la germinación en 17% al exponerlas a 25 °C, con relación a 15°C. *Puya raimondii* Harms, la especie más grande del género (hasta 10 m y ciclo de vida de mínimo 40 años), endémica de Perú y Bolivia, se propaga solo sexualmente (BAENSCH Y BAENSCH, 1996, OLIVA-ESTEVA et al, 1987 y RIVERA, 1985 en VADILLO et al, 2004). HARTMANN (1981, en Vadillo et al, 2004) registró 90% de germinación a los 32 días y viabilidad sostenida por 6 meses pero RIVERA (1985, en Vadillo et al, 2004) germinación del 99% a los 18 días y viabilidad por años. VADILLO et al (2004) seleccionaron semillas por características externas (fecha de colecta, coloración, 4 niveles de estado aparente y temperatura de almacenamiento (medio ambiente a 21°C vs en frío a 11 °C). Escogieron 22/56 lotes y en 5 evaluaron viabilidad con Tetrazolium (TZ), el efecto del contenido de humedad, la temperatura y el efecto de luz-oscuridad (cubiertas totalmente con papel aluminio). Ellos registraron germinación de *P. raimondii* a los 9 días en todos los tratamientos y en los 22 lotes viabilidad de 41,85%. En las semillas almacenadas a medio ambiente registraron menor germinación (24%-44%) vs las almacenados en frío (35%-85%). Registraron diferencias altamente significativas en germinación por efecto de luz (24%) vs oscuridad (inferiores a 6%), por tanto estas semillas son fotoblásticas positivas, controladas por el fitocromo.

Metodología

En el JBB entre 2002-2005 y 2014-2016 se han realizado una secuencia de investigaciones en *P. bicolor* con varios objetivos: 1) adaptar la especie a condiciones *ex situ* en JBB, Zona de Páramo (PICO, 2002), 2) estimar el ciclo de

vida *ex situ* (PICO 2014a y 2002), 2) valorar la tasa de germinación de semillas frescas, no almacenadas, 3) valorar el crecimiento y desarrollo de las plántulas de edad 1-161 días (PICO, 2014a) y 4) evaluar el efecto de 3 tamaños de materas en el crecimiento y desarrollo de plántulas de 200 a 950 días de edad (32 meses). El material inicial corresponde a semillas colectadas en Bogotá y Choachí, en el Páramo de Cruz Verde, a 3000 msnm, propagadas el primer semestre de 2002 en el JBB, sembradas en bolsa posteriormente y en noviembre sembradas en suelo en Zona de Páramo (PICO, 2002). Once años después, el material experimental para germinación, crecimiento y desarrollo se obtuvo en junio de 2013 de dos plantas madre adaptadas en el JBB, con carpelos cerrados o parcialmente cerrados. El 19/Jul/2013 se sembraron 240 semillas, 40 semillas por réplica (bandejas plásticas de 30 x 12 x 3 cm de profundidad), en turba comercial 100% humedecida antes de ubicar las semillas, con absorción total de agua todo el tiempo, riego dos veces/semana y mantenidas con tapa plástica y en semisombra dentro de un invernadero de vidrio con polisombra del JBB. Debido al bajo peso y tamaño de las semillas (4 x 4 x 1 mm de grosor en promedio), se cubrió cada bandeja con una capa sencilla de papel absorbente, para mantener las semillas y plántulas en su posición y evitar pérdidas.

El registro de germinación fue semanal, por tanto se inició el Día 7 y se registró crecimiento y desarrollo mensualmente mediante conteo de número de hojas y mortalidad plantular, hasta el Día 161 (5,4 meses). Se corroboró la normalidad o no de los datos mediante el estadístico de Shapiro-Wilks (modificado) y la diferencia entre réplicas se analizó mediante Prueba de Mann-Whitney, no paramétrica que compara la mediana y rangos, que fue llevada a cabo en "R".

Con edad de 250 días aproximadamente (8,3 meses, 26/Mzo/2014) se resembraron más de 160 plántulas en potes o materas con diámetros y profundidad de 8, 10 y 14 cm (p8, p10 y p14 respectivamente), se mantuvieron bajo invernadero plástico con laterales abiertos a semiabierto, bajo las condiciones climáticas ambientales de Bogotá. Con edad de 870 días (29,0 meses, 07/Dic/2015), se ubicaron en el nuevo invernadero de Propagación, automatizado por horas, con programación de temperatura promedio entre 12:01-4:00 am de 13°C, entre 4:01-8:00 am de 15,7°C, entre 8:01-12:00 m de 18,3°C y entre 12:01-4:00 pm de 19,0°C, entre 4:01-8:00 pm de 16,3°C y entre 8:01 pm-12:00 am de 13,7°C. A la edad de 950 días (31,8 meses, 24/Feb/2016), se seleccionaron 21 plántulas homogéneas, 7/ tamaño de matera para registro de diámetro y altura, en rangos de 0,5 cm (PICO, 2014a).

Resultados y discusión

Ciclo de vida general. Del material inicial sembrado en 2004, hasta 2014 se han registrado en JBB máximo 3 generaciones en la mayoría de plantas (floración), por tanto el ciclo de vida en general es de 1200 días (40 meses o 3 años y 4 meses), en condiciones de siembra *ex situ*, sembradas en suelo.

Germinación. El Día 21 inicia la germinación de *P. bicolor* (28% a 55%/réplica), el Día 28 se registró hasta 98% de germinación/réplica y se detuvo el Día 42 (94% en promedio para 5/6 réplicas), pero en la Réplica No. 1 se detuvo hasta el Día 129 con un aumento de 65% a 80% en esa réplica. Cuadro 1 y Figuras 2 a 5. Los datos son no paramétricos (media 26,72, D.E. 15,94, W 0,7 y $p < 0,0001$, siendo el límite $P < 0,05$). En la prueba de MannWithney, solamente las comparaciones Réplicas 4 y 5, 4 y 6 y 5 y 6 fueron estadísticamente similares ($p=1$) y se evidenciaron diferencias estadísticas especialmente entre la Réplica 1 y las demás ($p= 0.01391$ a 0.5877) y por efecto de los datos del día 21 al correr estadísticos con y sin datos de esa fecha (dado que ese día se inició en algunas réplicas la germinación y la heterogeneidad de datos es muy alta en todas las réplicas, se compararon los valores "p" de todas las réplicas). El comportamiento diferencial/ réplica se debe únicamente a condiciones genéticas y la expresión de la germinación inherente a cada semilla, dado que las condiciones abióticas fueron iguales en las 6 réplicas y el tiempo y tipo de riego. La viabilidad de semillas recién liberadas de *P. bicolor* es muy alta de esa población. Se ha observado en JBB polinización por colibrís, insectos y por el viento (agente polinizador de la mayoría de bromelias), éstos en su conjunto polinizan en gran medida la especie y hacen viable esa población *ex situ*.

Crecimiento y desarrollo (Días 0 a 161). El Día 21 inició la germinación de *P. bicolor* y se registra el estado "1a hoja", que por ser monocotiledónea corresponde al cotiledón, el estado "2 hojas" corresponde al cotiledón y una hoja verdadera. Permanecieron 204/205 plántulas vivas con 1 hoja hasta el Día 42, posteriormente el Día 67 se diferenciaron, con predominio de plántulas con 4 hojas (51,8%, 103/199 vivas), seguida de 5 hojas (40,7%, 81/199). El Día 94 predominaron las plántulas con 6 hojas (59,7%, 114/191 vivas) y 5 hojas (23,6%, con 45/191). El comportamiento se hizo totalmente diferencial para el Día 129, con plántulas de 4 a 10 hojas, de ellas 42,6% (84/197 vivas) con 8 hojas y entre el Día 129 y Día 161 se registraron plántulas con 5 a 10 hojas. Las espinas de esta especie se diferenciaron el Día 94. Cuadros 1 y 2 y Figuras 2 a 6.

Crecimiento y desarrollo (Día 162 a 950)

Las plántulas de *P. bicolor* con edad 950 días desarrollaron en condiciones *ex situ* diámetros entre 29,5-71,5 cm, para potes p14, p12 y p8 (promedio 62,4, 57,6 y 41,6 cm respectivamente). La altura de las plántulas osciló entre 7,5-20,5 cm, para potes p14, p12 y p8 (promedio 20,5 cm, 16,5 cm y 15,5 cm respectivamente). Figuras 7 y 9 y Cuadro 3.

En el Cuadro 4 se resumen los principales resultados de ésta investigación y se compara con otras investigaciones en bromelias. Las semillas de *P. bicolor* son fotoblásticas y germinan en fechas similares a la de otras especies del género.

Conclusiones y recomendaciones

La población de *P. bicolor* del JBB es viable y presenta altos valores de germinación, germina en rangos de tiempo similares a otras puyas, sin tiempo de almacenamiento y son fotoblásticas también. Se recomienda evaluar la viabilidad de semillas almacenadas en condiciones ambientales y en frío a través del tiempo. Se presenta retraso en el crecimiento y desarrollo de la especie el mantenerlas hasta edad de 950 días en materas p8 y p10, con relación a plántulas en p14.

Se recomienda trasplantar todo el material a materas del doble de diámetro de la matera óptima evaluada, para promover el crecimiento y desarrollo del material, a condiciones similares del suelo. Se espera que las plántulas alcancen su madurez alrededor de los 1200 días, de acuerdo al registro histórico del JBB, aunque por permanecer en materas pueda extenderse unos meses más a ese valor.

Agradecimientos

Agradezco a David Rivera, Alfonso López y Mauricio Diazgranados por sus directrices en el JBB y su interés en las Colecciones Especializadas para la Conservación, especialmente de Bromeliaceae y Orchidaceae. A Vilma Jaimes, Nohora Espejo, Guadalupe Caicedo, Nohora Peña por su apoyo, lineamientos y coordinación entre 1999-2004 y 2013-2016. Agradezco la revisión del escrito a Hernando Ovalle y Johanna Romero del JBB.

Referencias bibliográficas

- Baensch U y Baensch U (1996). Bromeliáceas en flor. Tropic Beauty Publishers.
- Betancur J (2016). *Puya*. En Bernal, R., S.R. Gradstein & M. Celis (eds.). 2015. Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. <http://catalogoplantascolombia.unal.edu.co> marzo de 2016.
- BSI. Bromeliad Society International (2016). *Puya*. Estados Unidos, California. www.bsi.org febrero de 2016.
- DAMA. Departamento Administrativo de Medio Ambiente (2001). Guía de las bromelias de Bogotá y sus alrededores. 1ª ed. Impresol ediciones Ltda.
- JBB. Jardín Botánico de Bogotá (2016). Objetivos estratégicos y estrategias. <http://www.jbb.gov.co/jardin/nuestro-jardin-inicio/objetivos-estrategicos> marzo de 2016.
- Fernández N., Ramírez A., Solano F. 2013. Dinámica Físicoquímica y Calidad del Agua en la Microcuenca el Volcan, Municipio de Pamplona, Colombia. *Bistua:Revista de la Facultad de Ciencias Basicas*.3(1):5-17
- FCBS. Florida Council of Bromeliad Society (2016). *Puya bicolor*. http://fcbs.org/cgi-bin/dbman/db.cgi?db=species&uid=default&view_records=1&KEY=*&mh=1&nh=2 198 marzo de 2016.
- García N y Galeano G, editores (2006). Libro Rojo de Plantas de Colombia. Volumen 3: Las Bromelias, las Labiadas, y las Pasifloras. Serie Libros Rojos de Especies amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. Instituto Alexander von Humboldt - Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia - Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Hernández M (2013). Biodiversidad y conservación, del 22 de marzo de 2013. http://biodiversidadyconservacion.blogspot.com/2013/03/una-guia-para-restaurar-los-ecosistemas_22.html julio de 2013.
- Mora F, Chaparro A, Vargas O, Bonilla A (2007). Dinámica de la germinación, latencia de semillas y reclutamiento de plántulas en *Puya cryptantha* y *P. trianae*, dos rosetas gigantes de los páramos colombianos. *Ecotropicos* **1**: 31-40.
- Oliva-Esteva F, Steyermark J (1987). Bromeliáceas de Venezuela, Armitano Editores.
- Oliva-Esteva F (2000). Bromelias. Armitano Editores.
- Pico-V A (2014a). Germinación, crecimiento y desarrollo de *Puya bicolor* Mez (Bromeliaceae). En: Informe final del contrato con el Jardín Botánico José Celestino Mutis No. 586-2013. Manuscrito inédito o documento interno.
- Pico-V A (2014b). Germinación, crecimiento y desarrollo de *Puya santosii* Cuatrec (Bromeliaceae). En: Informe final del contrato con el Jardín Botánico José Celestino Mutis No. 586-2013. Manuscrito inédito o documento interno.
- Pico-V A (2014c). Nota divulgativa de hábitat y propagación sexual de *Puya sp. nov.* (BROMELIACEAE). En: Informe final del contrato con el Jardín Botánico José Celestino Mutis No. 586-2013. Manuscrito inédito o documento interno.



- Pico-V A (2002). Informe final, Programa flora amenazada, Familia Bromeliaceae. Jardín Botánico de Bogotá. Contrato JBB No. 108-2002. Bogotá. Manuscrito inédito o documento interno.
- Santos G, Fernández-Alonso J, Sarmiento J (2009). Colecciones Especializadas para la Conservación, CEPAC. Guía ilustrativa. Jardín Botánico José Celestino Mutis. Imprenta Nacional
- SiBCOLOMBIA. 2013. Portal de Datos SiB Colombia, especie: *Puya bicolor*. [http://data.sibcolombia.net/species/34844?extent=-74%2B5%2B-72%2B6&zoom=6&minMapLong=-74&minMapLat=5&maxMapLong=-72&maxMapLat=6&c\[0\].s=20&c\[0\].p=0&c\[0\].o=34844](http://data.sibcolombia.net/species/34844?extent=-74%2B5%2B-72%2B6&zoom=6&minMapLong=-74&minMapLat=5&maxMapLong=-72&maxMapLat=6&c[0].s=20&c[0].p=0&c[0].o=34844) julio de 2013.
- Smith L (1957). The Bromeliaceae of Colombia. Contributions United States National Herbarium. **33**: 284-315
- The Plant List (2016). Sistema de clasificación APG, *Puya bicolor*. <http://www.theplantlist.org/browse/A/Bromeliaceae/Puya/> marzo de 2016
- Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Ciencias Naturales (2016). Registros virtuales del herbario COL, *Puya bicolor*. [http://www.biovirtual.unal.edu.co/ICN/?controlador=QuickSearch&accion=searchByScientific&page=2&keyword=Puya+bicolor&stype=&keyword1=&where=&all_rec ords=12](http://www.biovirtual.unal.edu.co/ICN/?controlador=QuickSearch&accion=searchByScientific&page=2&keyword=Puya+bicolor&stype=&keyword1=&where=&all_records=12) marzo de 2016
- Vadillo G, Suni M, Cano A (2004). Viabilidad y germinación de semillas de *Puya raimondii* Harms (Bromeliaceae). *Rev. peru. biol.* **1**: 71- 78



Figura 1. Ejemplar de herbario de respaldo (A-PICO #996, en Herbario JBB). G.Caicedo y A.Pico.

Cuadro 1. Germinación y crecimiento y desarrollo de *Puya bicolor* (Bromeliaceae) por réplica y promedio, Día 0 a 161.

Replica / Día No.	Día 7	Día 14	Día 21	Día 28	Día 35	Día 42	Día 67	Día 94	Día 129	Día 161
Réplica 1	0	0	0	13	20	22	26	26	32	32
Réplica 2	0	0	17	39	39	39	39	39	39	39
Réplica 3	0	0	11	38	39	40	40	40	40	40
Réplica 4	0	0	18	38	38	38	38	38	38	38
Réplica 5	0	0	22	37	37	37	37	37	40	40
Réplica 6	0	0	18	33	38	38	38	38	40	40
Promedi o	0,0	0,0	14,3	33,0	35,2	35,7	36,3	36, 3	38,2	38,2

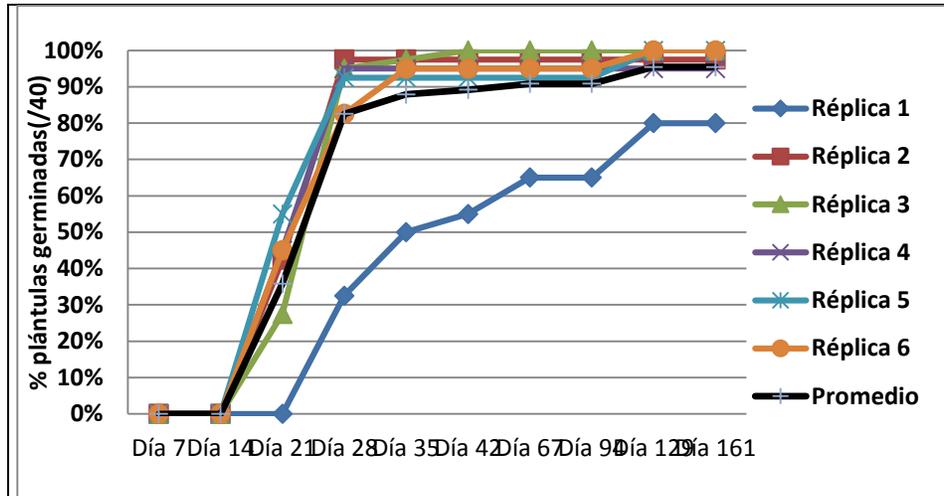


Figura 2. Curva porcentual de germinación de *Puya bicolor* por réplica y promedio, Día 0 a 161.



Figura 3. Plántulas con una hoja (cotiledón). Edad 33 días (14ago 2013)



Figura 4. Plántulas de una réplica (máximo 40). Edad 67 días (24sep2013)

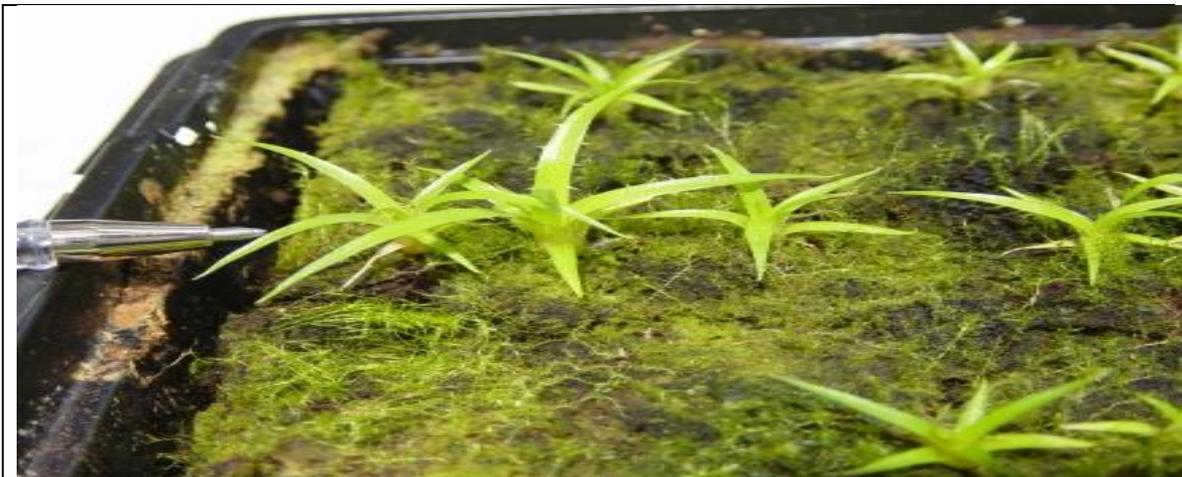


Figura 5. Plántulas con espinas. Edad 161 días (27dic2013)

Cuadro 2. Crecimiento y desarrollo de plántulas de *Puya bicolor*. Edad 0-161 días

No. hojas (#h) / No. plántulas totales	Día 21	Día 28	Día 35	Día 42	Día 67	Día 94	Día 129	Día 161
1h	86	198	205	204	1	.	.	.
2h
3h	.	.	.	1	14	3	.	.
4h	103	8	2	.
5h	81	45	4	1
6h	114	20	13

7h	.	.	.	.	.	21	58	52
8h	.	.	.	.	.	.	84	85
9h	.	.	.	.	.	.	27	30
10h	.	.	.	.	.	.	2	11
Muertas	.	.	6	9	19	27	32	37
Total vivas	86	198	205	205	199	191	197	192
Total germinadas (240 máximo)	86	198	211	214	218	218	229	229

Nota: La germinación inicia el Día 28.

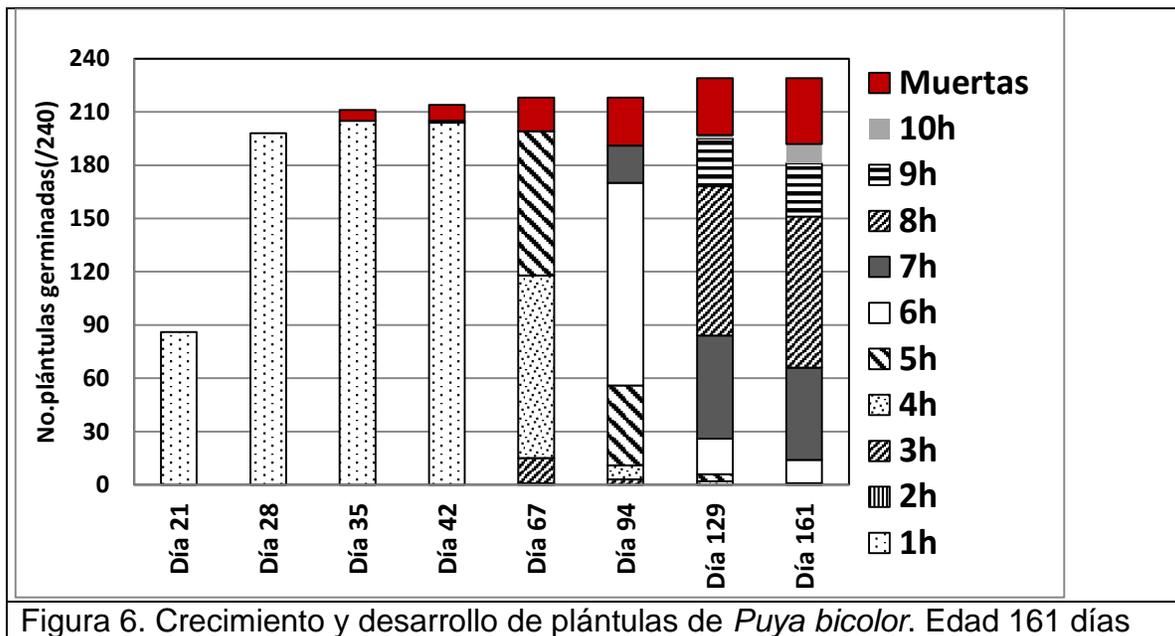


Figura 6. Crecimiento y desarrollo de plántulas de *Puya bicolor*. Edad 161 días



Figura 7. Plántulas en materia p10. Edad 804 días (01/oct2015)



Figura 8. Plántulas en materia p14, p10 y p8 (izquierda a derecha). Edad 950 días (24/Feb2016)

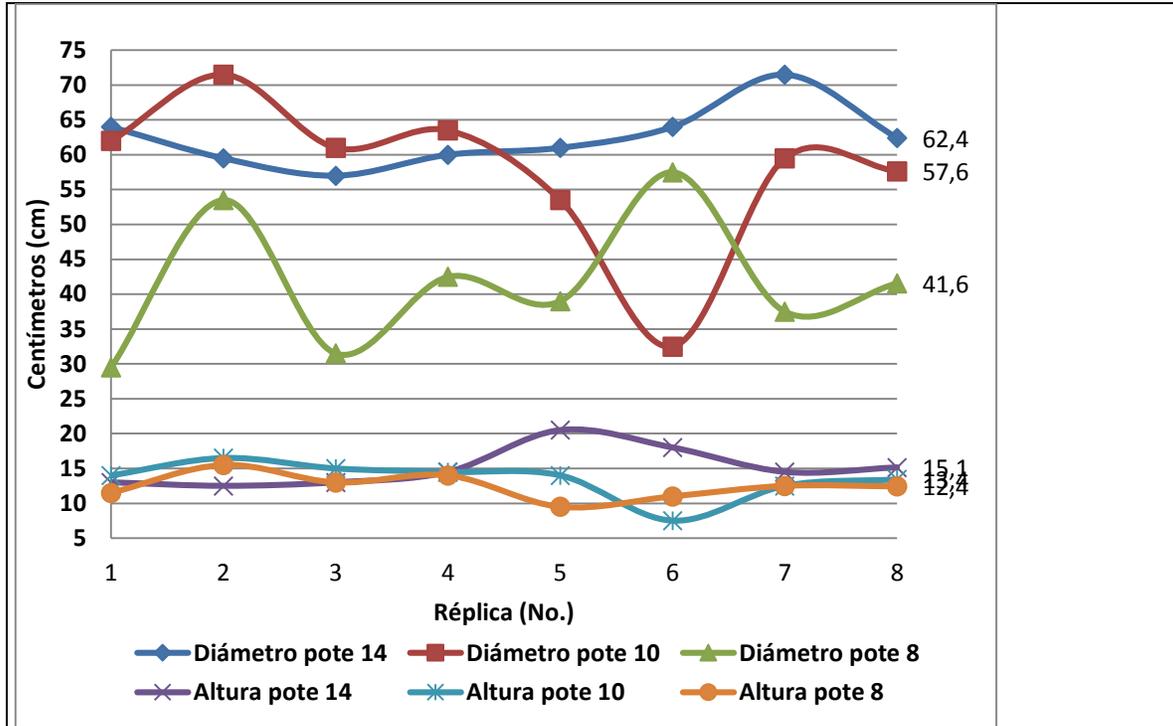


Figura 9. Crecimiento y desarrollo de 21 plántulas por efecto de tamaño de matera. Edad 950 días. Nota: la réplica indicada como No.8 es el promedio.

Cuadro 3. Crecimiento y desarrollo de plántulas por efecto de tamaño de materas de 14, 12 y 8 cm (p14, p12 y p8 respectivamente). Edad 950 días

Tamaño plántula (cm) /tipo de pote	Diámetro en p14	Diámetro en p10	Diámetro en p8	Altura en p14	Altura en p10	Altura en p8
Promedio	62,4	57,6	41,6	15,1	13,4	12,4
Máximo	71,5	71,5	57,5	20,5	16,5	15,5
Mínimo	57	32,5	29,5	12,5	7,5	9,5

Cuadro 4. Principales resultados comparativos de germinación y crecimiento y desarrollo en bromelias

Especie de bromelia	Factores evaluados para germinación	Inicio y duración	Porcentajes de germinación y otros resultados	Referencia bibliográfica
<i>Puya bicolor</i>	Luz, semillas no almacenadas. Crecimiento y desarrollo (No. hojas)	Día 21	Ciclo de vida general <i>ex situ</i> es de 1200 días (40 meses). Germina Día 21 (28% a 55%/réplica) especialmente hasta Día 28 (máximo 98%/réplica). Finaliza en 5/6	Presente investigación y Pico (2014)

Especie de bromelia	Factores evaluados para germinación	Inicio y duración	Porcentajes de germinación y otros resultados	Referencia bibliográfica
			réplicas el Día 42 (94%). Hasta Día 129 en 1 réplica (80%). Desarrollan hasta 10 hojas en el Día 161. Conviene sembrar en matera de diámetro 14 cm plántulas de 162 a 950 días. Alcanzan 62,4 cm de diámetro en promedio y 15,1 cm de altura.	
<i>Puya santosii</i>	Luz, semillas no almacenadas, recién colectadas. Crecimiento y desarrollo (No. Hojas)	Día 28 hasta día 87	Mínimo 21% el día inicial (Día 28) hasta 48% en Día 87. Desarrollan hasta 7 hojas en el Día 155.	Pico (2014)
<i>Puya cryptantha</i> y <i>Puya trianae</i>	Semillas enterradas in situ hasta 12 meses, condiciones de laboratorio con luz y dos poblaciones	Mes 5 (día 150 mínimo) en 3 de 4 poblaciones	Diferencias en viabilidad por los factores evaluados. Mayor germinación en condiciones de laboratorio	Mora et al, 2007
Algunas especies de <i>Puya</i> y <i>Espeletia</i>	Luz y oscuridad	(no dato)	Mayores porcentajes de germinación en luz –vs- oscuridad	Smith 1974, Guariguata y Azócar 1988, Ochoa 1994 en Mora et al, 2007
Muchas bromelias	Luz y oscuridad	(no dato)	Radiaciones cíclicas o luz continua promueven la germinación	Smith & Downs (1974)
Género <i>Puya</i>	Temperatura	(no dato)	Correlación inversa en la germinación del género.	Smith & Downs (1974)
<i>Puya berteroniana</i>	Temperatura	(no dato)	Mayor germinación a 15 °C y disminución al exponerlas a 25 °C	Smith & Downs (1974)
<i>Pitcairnia flamea</i>	Temperatura	(no dato)	Disminución de porcentaje de germinación en 17% cuando la temperatura aumenta de 15 a 25 °C.	Mercier & Guerreiro, 1990 (en Vadillo et al, 2004)

Especie de bromelia	Factores evaluados para germinación	Inicio y duración	Porcentajes de germinación y otros resultados	Referencia bibliográfica
<i>Puya raimondii</i>	Germinación y viabilidad en el tiempo	90% de germinación a los 32 días	Mantiene la viabilidad por 6 meses	Hartmann (1981, en Vadillo et al, 2004)
	Germinación y viabilidad en el tiempo	99% de germinación a los 18 días	mantiene la viabilidad por años	Rivera (1985, en Vadillo et al, 2004)
	Selección morfológica, por contenido de humedad, temperatura y luz-oscuridad	9 días en todos los tratamientos (viabilidad de 41,85%)	Mayor germinación a 11°C (35% a 85%) que con 25°C (24% a 44%). Mayor germinación con luz (24%) que en oscuridad (menos de 6%). Fotoblásticas positivas, por lo tanto controladas por el fitocromo.	Vadillo et al, 2004

REFERENCIAS

- Meléndez I., Pedro E., Quijano A. Actividad genotóxica de aguas antes y después de clorar en la planta de potabilización Empo- pamplona. Bistua:Revista de la Facultad de Ciencias Básicas.2015.13(2):12-23
- Rueda J, Hernández A. (2015). Growth of single-cristalline strontium titanate fibers using LHPG. BISTUA Revista de la Facultad de Ciencias Básicas 13: 24-28. <https://doi.org/10.24054/01204211.v2.n2.2015.1796>

*Para citar este artículo: Pico-V., Adriana. Germination, growth and ex situ development of *Puya bicolor* Mez (BROMELIACEAE) during 32 months in Bogotá, Colombia.Revista Bistua. 2019 17(1):30-47

+ Autor para el envío de correspondencia y la solicitud de las separatas: Adriana Pico-V Jardín Botánico Bogotá. email:adri.pico.villalobos@gmail.com

Recibido: Marzo 08 de 2018

Aceptado: Agosto 05 de 2018