

# Influencia de la conservación *ex-situ* en el crecimiento de especies de *Passiflora* endémicas y amenazadas

## Influence of *ex-situ* conservation on the growth of endemic and threatened *Passiflora* species

Blanca Luz Caleño-Ruíz  <sup>a</sup>, Liliana Martínez-Peña <sup>a</sup>, Gustavo Morales-Liscano <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, Colombia

Recibido: octubre 7, 2023

Aceptado: febrero 7, 2024

Publicado en línea: julio 15, 2024

<https://doi.org/10.21068/2539200X.1213>



### Resumen

Los jardines botánicos son indispensables para la conservación *ex situ* de flora amenazada, pero el efecto sobre su desempeño ha sido poco estudiado. En esta investigación se evaluó el crecimiento de cinco especies de *Passiflora* endémicas y amenazadas bajo tres tratamientos de riego en los invernaderos del Jardín Botánico de Bogotá (*ex situ*) y sus hábitats naturales (*in situ*) con el fin de generar recomendaciones de manejo y conservación. Se compararon las condiciones ambientales *ex situ* e *in situ*, el crecimiento de las especies bajo estas condiciones y los tratamientos de riego implementados mediante un análisis de varianza. Las condiciones ambientales *ex situ* e *in situ* fueron distintas, pero el crecimiento de las especies fue similar entre ellas, aunque más variable en las condiciones *in situ*. El crecimiento *ex situ* de las especies fue similar entre los tratamientos de riego, pero más alto con un riego poco frecuente. Cada especie tuvo un crecimiento particular con un patrón de compensación entre el crecimiento del tallo y el desarrollo de nuevos brotes. Las acciones de manejo en el Jardín Botánico parecen ser adecuadas para la conservación *ex situ* de estas especies, pero es necesario realizar un monitoreo continuo y evaluar nuevas variables potencialmente sensibles para complementar estos resultados.

**Palabras clave:** crecimiento, flora amenazada, invernadero, jardín botánico, Passifloraceae, riego.

## Abstract

Botanical gardens are essential for the *ex-situ* conservation of threatened flora, but the effect on their performance has not been sufficiently studied. The growth of five endemic and threatened *Passiflora* species was evaluated under three irrigation treatments in the greenhouses of the Botanical Garden of Bogotá (*ex-situ*) and their natural habitats (*in-situ*), to review management and conservation recommendations. The *ex-situ* and *in-situ* environmental conditions, the growth of the species under these conditions, and the irrigation treatments implemented were compared using an analysis of variance. The *ex-situ* and *in-situ* environmental conditions were different, but the growth of the species was similar, although more variable in the *in-situ* conditions. The *ex-situ* growth of species was similar between irrigation treatments, but higher with less frequent irrigation. Each species had a particular growth with a compensation pattern between stem growth and the development of new shoots. The management actions in the Botanical Garden seem to be adequate for the *ex-situ* conservation of these species, but continuous monitoring and evaluation of new potentially sensitive variables remains necessary to complement these results.

**Keywords:** botanical garden, greenhouse, irrigation, Passifloraceae, growth, threatened flora.

## Introducción

La conservación *ex situ* es una estrategia que complementa la conservación *in situ* y busca garantizar la preservación de la diversidad de especies fuera de su hábitat natural (Sharrock, 2012). Dentro de las distintas formas de conservación *ex situ*, los jardines botánicos desempeñan un rol muy importante en la investigación científica y el fomento del conocimiento de sus colecciones vivas, en las que se incluye un número importante de especies amenazadas (Chen & Wei-Bang, 2018; Mounce et al., 2017; Perez et al., 2018; Sharrock, 2012). Sin embargo, se han identificado varias restricciones que limitan la capacidad de conservación de los jardines botánicos, tales como la disminución del desempeño de las plantas y la adaptación a las condiciones *ex situ*, que reducen su potencial para habitar ambientes naturales nuevamente (Ensslin et al., 2015; Nagel et al., 2019; Volis, 2017).

Al respecto, se ha evidenciado que el tiempo de cultivo dentro de una colección *ex situ* genera reducción de la variabilidad genética (Ying-Chun et al., 2015; Xiao et al., 2021) y, como consecuencia, reducción de su capacidad reproductiva (Enßlin et al., 2011). Además, se ha demostrado que la adaptación de las especies dentro o fuera de su hábitat natural depende de su tamaño poblacional, el cual define su

capacidad para resistir cambios (Leimu & Fischer, 2008). No obstante, sigue siendo limitada la información acerca de los efectos de la conservación *ex situ* sobre el desempeño de las plantas (Volis, 2017) y su rol en el entendimiento y formulación de mejores prácticas de conservación que garanticen el éxito en el mantenimiento de la diversidad de especies bajo estas condiciones.

Colombia es el país con mayor diversidad de especies del género *Passiflora* y la región andina alberga un gran número de estas especies endémicas y amenazadas (Bernal et al., 2015; Ocampo et al., 2007; Ocampo et al., 2017). Además, el consumo de sus frutos y su comercialización local es una de las actividades tradicionales con potencial económico en varias regiones de este país (Ocampo et al., 2007). Esto hace que su conservación sea un objetivo primordial debido a su valor ecológico, genético y cultural, lo cual puede contribuir a futuro a la seguridad alimentaria a través del mejoramiento genético de especies cultivadas (Dhawan et al., 2004; Yockteng et al., 2011; Ocampo & Coppens d'Eeckenbrugge, 2017).

Teniendo en cuenta la importancia de las especies de *Passiflora*, el Jardín Botánico de Bogotá (JBB) incluyó a la familia Passifloraceae dentro de las colecciones especializadas para la conservación (CEPAC) como parte de su estrategia de conservación *ex situ*.

Actualmente, la mayor parte de la colección dentro de esta familia botánica la componen especies del género *Passiflora*, con 166 individuos y 36 especies, que se actualizan constantemente a través del plan de enriquecimiento de la colección CEPAC.

En 2018 se realizó la colecta y propagación asexual de cinco especies de *Passiflora* endémicas y amenazadas de los Andes colombianos con el fin de contribuir a su conservación *ex situ* dentro del JBB (Caleño-Ruíz & Morales-Liscano, 2019). De acuerdo con las categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), tres de estas especies se encuentran en estado vulnerable (*Passiflora dawei*, *Passiflora erythrophylla*, y *Passiflora pennellii*) y dos en preocupación menor y registradas como endémicas de Colombia (*Passiflora longipes* y *Passiflora smithii*) (Bernal et al., 2015; Ocampo et al., 2007). Desde entonces, se realiza un seguimiento a su desempeño con el fin de evaluar los efectos de la conservación *ex situ*, pero a la fecha no existe una directriz científica sobre cómo realizar el ejercicio de conservación para estas especies y cómo llevar a cabo actividades de mantenimiento y manejo que promuevan su éxito. Sumado a esto, la información disponible se enfoca principalmente en aspectos de cultivo y en las especies comúnmente comercializadas (Ulmer & MacDougal, 2004; Yockteng et al., 2011).

Entre los factores a considerar para el manejo *ex situ*, la disponibilidad de agua en el suelo es uno de los más importantes para asegurar el desempeño adecuado de especies vegetales. El déficit de agua puede limitar el crecimiento vegetativo de las plantas, así como los atributos de rendimiento de un cultivo, debido a los efectos que tiene sobre ciertas características de las flores y los frutos (Menzel et al., 1986; Fischer et al., 2009; Rao et al., 2013; Souza et al., 2018). Sin embargo, se desconoce si las variaciones en la disponibilidad de agua producen los mismos efectos sobre especies silvestres y si afectan su crecimiento y desempeño en condiciones *ex situ* donde, en algunos casos, el abastecimiento de agua es artificial a través del riego.

Las condiciones ambientales también son relevantes para el desempeño de las plantas cuando se establecen colecciones *ex situ* con fines de conservación. En el caso del JBB, la infraestructura de los invernaderos crea condiciones ambientales estándar para las especies procedentes tanto de clima frío como de clima cálido, las cuales pueden ser diferentes a las condiciones ambientales de su hábitat natural. Esto podría tener un efecto negativo en su crecimiento, tal como ha sido discutido en otros análisis (Ensslin et al., 2015; Leimu & Fischer, 2008). No obstante, son escasos los estudios que evalúan el efecto de las condiciones ambientales sobre el desempeño de plantas dentro de una colección *ex situ* para orientar buenas prácticas de conservación.

Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo de esta investigación es evaluar el crecimiento en condiciones *ex situ* de cinco especies de *Passiflora* endémicas y amenazadas bajo tres frecuencias de riego distintas, y compararlo con el crecimiento de individuos de las mismas especies en su hábitat natural (condiciones *in situ*), con el fin de generar recomendaciones para su manejo y conservación en el Jardín Botánico José Celestino Mutis. Específicamente, se pretende: 1) identificar las variaciones de las condiciones ambientales *ex situ* del JBB en comparación con el hábitat natural (condiciones *in situ*) y su incidencia en el desarrollo de las especies y 2) evaluar el crecimiento de las plantas entre las diferentes frecuencias de riego y especies evaluadas para identificar señales de éxito o limitaciones en su manejo *ex situ*.

## Materiales y métodos

### Área de estudio y especies evaluadas

Esta investigación se llevó a cabo en el departamento de Cundinamarca (Colombia) en cuatro localidades diferentes: los viveros de clima frío y cálido del JBB, y los municipios de Zipacón, San Francisco y Fosca (Tabla 1). Las condiciones *ex situ* se evaluaron en el vivero de clima frío (Banco plantular) y el de clima cálido (Nave 3) del JBB, ambos localizados en Bogotá a 2600 m de elevación. El vivero de clima frío (Banco

plantular) consistió en una estructura plástica de 4 m de altura, 4,5 m de ancho y 13 m de profundidad constantemente ventilada, donde se ubicaron las plántulas dentro de bolsas plásticas negras de 10 x 30 cm al interior de canastillas que se dispusieron en el suelo. El vivero de clima cálido (Nave 3) consistió en una estructura de concreto y vidrio de 3 m de altura, 6,5 m de ancho y 8 m de profundidad, donde se ubicaron las plántulas dentro de bolsas plásticas negras de 10 x 30 cm al interior de canastillas que se dispusieron sobre mesas de 1 m de alto. Para esta condición (*ex situ*), se emplearon 75 plántulas de las especies *P. erythrophylla*, *P. longipes*, *P. dawei*, *P. smithii* y *P. pennellii*, las cuales fueron obtenidas mediante propagación asexual en el JBB (Caleño-Ruíz & Morales-Liscano, 2019); a la fecha de inicio de la investigación, tenían trece meses de edad. Quince plántulas de cada especie fueron ubicadas en el invernadero correspondiente según el tipo de clima de su hábitat natural (Tabla 1).

Para las condiciones *in situ* se realizaron muestreos en zonas de hábitat natural de cada una de las especies en los municipios de Zipacón, Fosca y San Francisco, entre los 1600 y 2500 m de elevación (Tabla 1). La población natural de *P. erythrophylla* fue

de cinco individuos (dos adultos y tres juveniles) con un tamaño promedio de 1,8 m de largo; la de *P. longipes*, de seis individuos (cuatro adultos y dos juveniles) con un tamaño promedio de 2 m de largo; la de *P. dawei*, de cinco individuos (tres adultos y dos juveniles) con un tamaño promedio de 3,5 m; la de *P. smithii*, de seis individuos (cuatro adultos y dos juveniles) con un tamaño promedio de 2,2 m; y la de *P. pennellii*, de once individuos (cuatro adultos y siete juveniles) con un tamaño promedio de 1,5 m. Durante los muestreos, se marcaron e incluyeron los individuos juveniles de estas mismas especies que tuvieran un tamaño similar a las plántulas que se encontraban en el JBB para que su comparación fuera bajo condiciones ontogenéticas similares. Sin embargo, debido a que la abundancia natural de las especies fue baja, el número de individuos registrados en las condiciones *in situ* fue menor al de las condiciones *ex situ* (Tabla 1).

#### Condiciones ambientales *ex situ* e *in situ*

Para evaluar las condiciones ambientales *ex situ*, se registró la humedad y temperatura en los viveros Banco plantular y Nave 3 con ayuda de un *data logger* EBCHQ 94150. Se registró información mensual entre

**Tabla 1.** Características de las localidades evaluadas, descripción de los individuos y tratamientos empleados por cada especie de *Passiflora*.

Condición	Lugar	Tipo de clima	Elevación (m s. n. m.)	Especie	N.º de individuos	Tratamientos
<i>Ex situ</i>	JBB: Banco plantular	Frío	2650	<i>P. erythrophylla</i>	15	T1, T2 y T3
				<i>P. longipes</i>	15	
	JBB: Nave 3	Cálido		<i>P. dawei</i>	15	
				<i>P. smithii</i>	15	
				<i>P. pennellii</i>	15	
<i>In situ</i>	Zipacón	Frío	2380	<i>P. erythrophylla</i>	3	T4
				<i>P. longipes</i>	2	
	San Francisco	Cálido		<i>P. dawei</i>	2	
				<i>P. smithii</i>	2	
				<i>P. pennellii</i>	6	
Fosca	Cálido		1346	<i>P. pennellii</i>	6	

Notas. T1: riego una vez por semana; T2: riego dos veces por semana; T3: riego tres veces por semana; T4: testigo.

marzo y octubre de 2019 con una frecuencia de 30 minutos durante cinco días por cada vivero. A partir de estos registros, se obtuvo un valor promedio mensual con el cual se realizaron las comparaciones.

Para las condiciones *in situ*, se empleó información disponible del Sistema de Información Climatológica e Hidrológica de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR, 2018) de las estaciones El Acomodo (código 2306516, ubicada a 1150 m s. n. m. en el municipio La Vega) y Tisquesusa (código 2120631, ubicada a 2570 m s. n. m. en el municipio de Facatativá), con el fin de calcular los promedios de temperatura, humedad relativa y precipitación de los municipios de San Francisco y Zipacón, respectivamente. Además, se empleó la estación automática Quetame (código 0010016, ubicada a 1644 m s. n. m., municipio Quetame) de la Plataforma Agroclimática Cafetera (Cenicafé, 2019) para obtener los promedios de temperatura, humedad relativa y precipitación para el municipio de Fosca.

### Diseño experimental y variables evaluadas

Para las condiciones *ex situ*, se definieron tres tratamientos con diferente frecuencia de riego manual: una vez por semana, todos los lunes (T1); dos veces por semana, los lunes y viernes (T2); y tres veces por semana, los lunes, miércoles y viernes (T3). Por cada aplicación se emplearon 250 ml de agua potable para cada individuo. Por cada tratamiento se evaluaron cinco individuos de cada una de las cinco especies en un arreglo de dos factores (frecuencia de riego y especie) en el que se midieron en total 75 individuos (Tabla 1). Cada individuo fue sembrado en bolsas de 10 x 30 cm y como sustrato se empleó tierra negra (66,7 %) y cascarilla de arroz (33,3 %).

Para las condiciones *in situ*, se realizó la búsqueda de individuos juveniles de las cinco especies evaluadas en las localidades donde han sido registradas. Se marcaron entre dos a seis individuos por cada especie para un total de quince individuos en condiciones *in situ* que fueron considerados como el testigo (T4) (Tabla 1).

Las variables evaluadas fueron la longitud del tallo (cm), el número de hojas y brotes, la

mortalidad y el número de botones florales, flores y/o frutos en cada uno de los individuos evaluados. Las mediciones de las variables fueron realizadas cada dos meses, desde marzo a octubre de 2019 (Caleño-Ruiz & Morales-Liscano, 2021). Con base en esta información, se obtuvo el crecimiento neto del tallo (cm) y cambio neto de hojas y brotes a partir de la diferencia entre el registro final y el registro inicial durante el periodo evaluado. De esta manera, los valores positivos indicaron un incremento en las variables, y los valores negativos, una disminución causada por la caída de hojas, la fractura de tallos o la mortalidad del individuo. No se incluyeron registros de estructuras reproductivas, ya que durante el periodo de muestreo estas no fueron observadas en ninguna de las condiciones evaluadas.

### Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza de una vía y una prueba *post hoc* de Tukey HSD del paquete "agricolae" (de Mendiburu, 2019) para comparar la temperatura y humedad relativa de cada uno de los lugares evaluados en condiciones *ex situ* e *in situ*. Posteriormente, se emplearon dos pruebas no paramétricas de dos vías, Scheirer-Ray-Hare y *post hoc* de Dunn, para comparar las variables de crecimiento entre los tratamientos y las especies empleando los paquetes estadísticos "rcompanion" (Mangiafico, 2019) y "FSA" (Ogle et al., 2019). Para la prueba de Scheirer-Ray-Hare se empleó la suma de cuadrados de tipo II para muestras desbalanceadas y se ajustaron los p-valores para comparaciones múltiples cuando se usó la prueba *post hoc* de Dunn (Mangiafico, 2019). Todos los análisis fueron realizados en el software R versión 3.6.1 (R Core Team, 2019).

## Resultados

### Condiciones ambientales en el JBB y en hábitats naturales de las especies de *Passiflora*

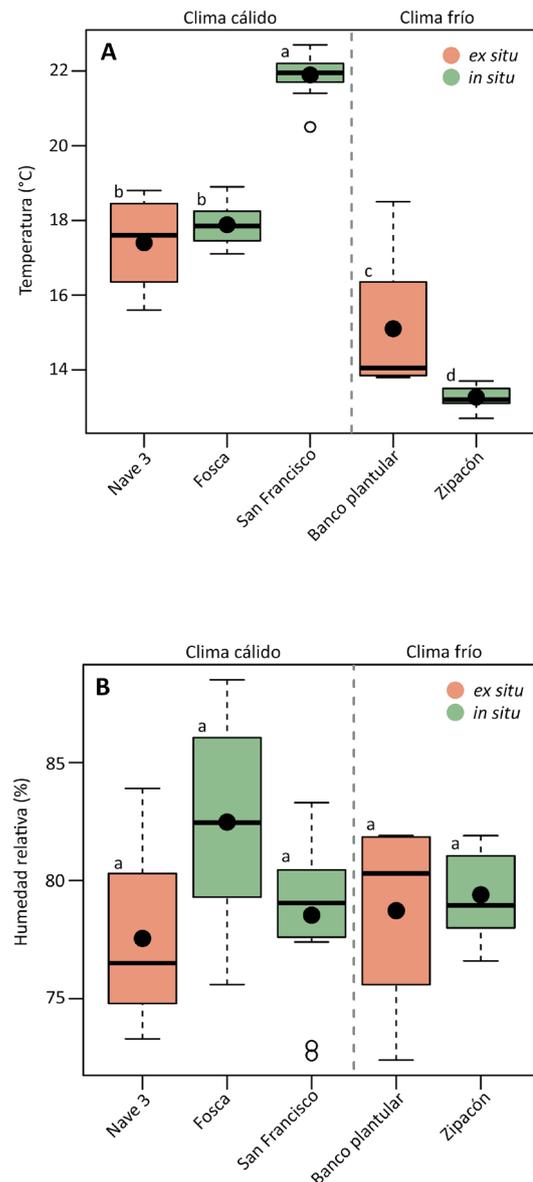
La temperatura media mensual varió entre los sitios evaluados en condiciones *ex situ* e *in situ* ( $F(4,39) = 156,05$ ;  $p < 0,001$ ) y la humedad relativa

tuvo una variación marginal ( $F(4,39) = 2,82$ ;  $p = 0,038$ ) (Figura 1). En el sitio de clima frío bajo condiciones *ex situ* (Banco plantular: 15,10 °C), la temperatura fue más alta que bajo las condiciones *in situ* del municipio Zipacón (13,27 °C) (Figura 1A), en donde habitan naturalmente las especies *P. erythrophylla* y *P. longipes*. Sin embargo, la humedad relativa promedio fue estadísticamente similar entre ambas (Zipacón: 79,4 % y Banco plantular: 78,7 %) (Figura 1B).

Para el sitio de clima cálido en condiciones *ex situ* (Nave 3: 17,4 °C), la temperatura fue similar a las condiciones *in situ* del municipio de Fosca (17,88 °C), en donde habita naturalmente la especie *P. pennellii*, y menor a las del municipio de San Francisco (21,89 °C), en donde habitan naturalmente *P. dawei* y *P. smithii* (Figura 1A). Aunque no hubo diferencias significativas, la humedad relativa promedio de Nave 3 (77,6 %) fue menor a la de San Francisco (78,5 %) y la de Fosca (82,5 %) (Figura 1B). Esto indica que, aunque la humedad relativa es similar entre las condiciones *ex situ* e *in situ*, la temperatura de los invernaderos dentro del JBB tiende a diferir de las condiciones naturales de donde provienen algunas especies de *Passiflora*.

Por otra parte, para los sitios en condiciones *in situ*, la precipitación media mensual fue de 163,25 mm en San Francisco, 97,13 mm en Fosca y 57,92 mm en Zipacón. En cuanto a las condiciones *ex situ*, al considerar la unidad de medida de la precipitación (mm o litros/m<sup>2</sup>), el área de las bolsas de siembra (0,00785 m<sup>2</sup>), la cantidad de agua (0,25 litros) y la frecuencia empleada en el riego de cada bolsa (una, dos o tres veces por semana), se aplicaron 127,39 mm/mes en el T1, 254,78 mm/mes en el T2 y 382,16 mm/mes en el T3. Estos valores indican que en la mayoría de los tratamientos de riego empleados en las condiciones *ex situ*, el agua aplicada fue similar o superior a la precipitación media mensual que ocurrió en los hábitats naturales de las especies de *Passiflora*.

**Figura 1.** Temperatura (A) y humedad relativa (B) para los invernaderos en condiciones *ex situ* dentro del Jardín Botánico de Bogotá (JBB, color naranja) y los sitios muestreados en condiciones *in situ* (color verde).



Notas. Banco plantular corresponde a la condición *ex situ* dentro del JBB para especies provenientes de hábitats naturales en Zipacón, Cundinamarca (condiciones *in situ*), y Nave 3 corresponde a la condición *ex situ* dentro del JBB para especies provenientes de hábitats naturales en Fosca y San Francisco, Cundinamarca (condiciones *in situ*). Letras distintas representan diferencias significativas entre las condiciones evaluadas ( $p < 0,005$ ). Los puntos negros representan los valores promedio para cada sitio.

### Crecimiento de las especies de *Passiflora* bajo los tratamientos evaluados

El crecimiento del tallo y el cambio neto de brotes fue similar entre las condiciones *in situ* y *ex situ*, pero en las condiciones *in situ* hubo una pérdida significativa de hojas por individuo (Tabla 2, Figura 2). En general, el crecimiento de las especies en las condiciones *in situ* tuvo una mayor variación en comparación con aquel en las condiciones *ex situ* (Figura 2), en las que el manejo de las plantas fomentó un crecimiento homogéneo. Así mismo, los valores promedio del crecimiento del tallo y el cambio neto de hojas fueron menores —y en algunos casos negativos— en el hábitat natural de las especies (*in situ*) que en el JBB (*ex situ*) (Figura 2A y Figura 2B), mientras que los valores promedio del cambio neto de brotes fueron mayores en el hábitat natural (*in situ*) en comparación con el JBB (*ex situ*) (Figura 2C). Esto significa que, en

promedio, el crecimiento de las especies es similar entre condiciones *ex situ* e *in situ*, pero para estas últimas hay una mayor incertidumbre debido a su alta variabilidad y mayor pérdida de hojas en comparación con las condiciones *ex situ*, lo cual pudo fomentar el desarrollo de nuevos brotes.

Por otra parte, todas las variables de crecimiento evaluadas en las especies de *Passiflora* fueron similares entre los distintos tratamientos de riego aplicados en las condiciones *ex situ* del JBB (Tabla 2, Figura 2), lo cual indica que las plantas pueden ser regadas una, dos o tres veces por semana sin impactar su crecimiento. Sin embargo, aunque no hubo una diferencia significativa, los valores promedio para el crecimiento neto del tallo y cambio neto de hojas y brotes fue más alto para el T1 (riego una vez por semana) (Figura 2).

**Tabla 2.** Comparación de las variables de crecimiento evaluadas en las plantas entre los tratamientos y las especies.

VARIABLES	Grados de libertad	Suma de cuadrados	H	p-valor
<i>Crecimiento neto del tallo (cm)</i>				
Tratamiento	3	3268,1	47,89	0,188
Especie	4	17 070,1	250,12	< 0,001
Tratamiento: especie	12	13 055,0	191,29	0,085
Residuales	70	27 347,3		
<i>Cambio neto de hojas (No.)</i>				
Tratamiento	3	17 130	251,74	<0,001
Especie	4	2990	43,95	0,355
Tratamiento: especie	12	7060	103,75	0,583
Residuales	70	33 380		
<i>Cambio neto de brotes (No.)</i>				
Tratamiento	3	3230	5,02	0,170
Especie	4	11 810	18,36	0,001
Tratamiento: especie	12	8415	13,08	0,363
Residuales	70	33 784		

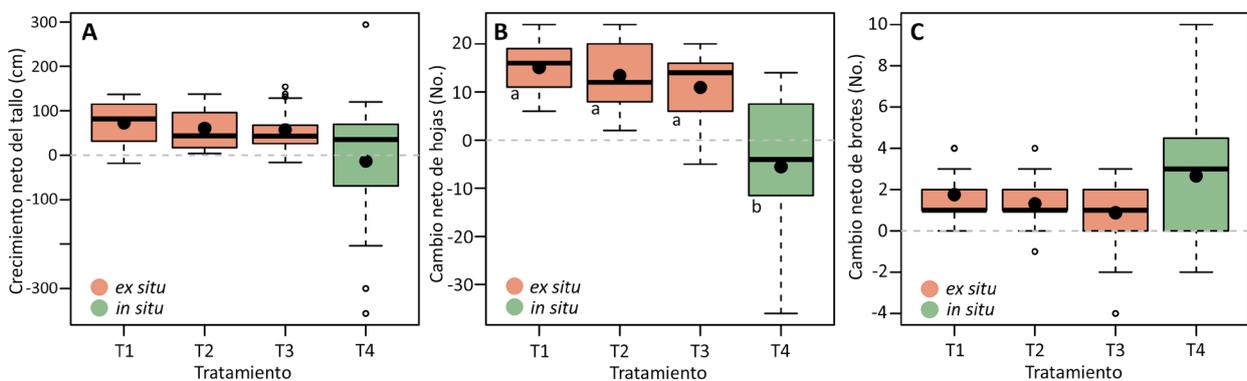
Notas. Los tratamientos corresponden al riego implementado en las condiciones *ex situ* del Jardín Botánico de Bogotá (T1, T2 y T3) y a las condiciones *in situ* consideradas como testigo (T4).

Respecto a las especies de *Passiflora* evaluadas, se obtuvieron diferencias significativas para el crecimiento neto del tallo y el número de brotes, las cuales no fueron afectadas por los tratamientos, ya que la interacción entre tratamientos y especies no fue significativa (Tabla 2, Figura 2). Esto significa que las diferencias presentadas en estas variables entre las especies

fueron una manifestación de las características propias de cada una, independiente de las condiciones de conservación y de los tratamientos de riego aplicados en condiciones *ex situ*.

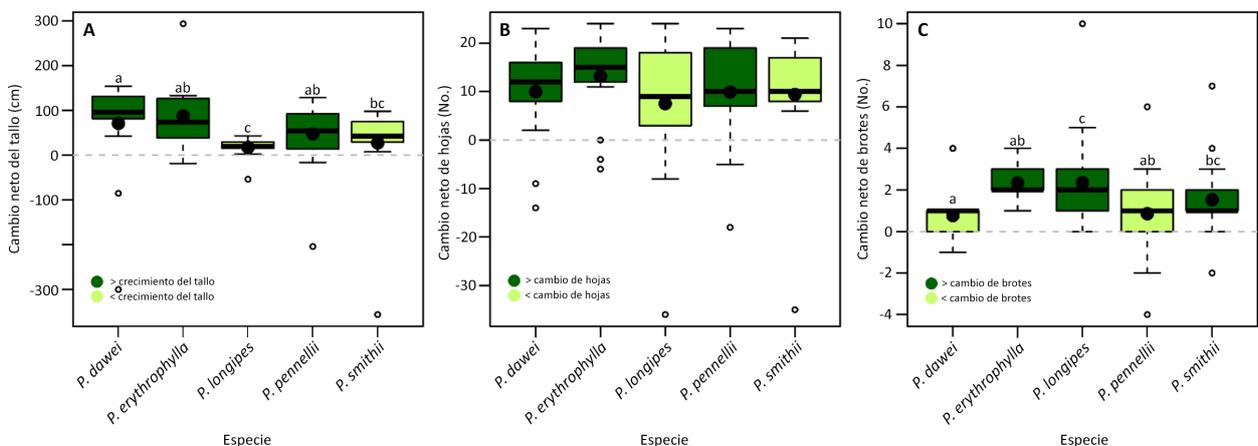
En el caso del crecimiento del tallo (Tabla 2, Figura 3A), las especies *P. dawei*, *P. erythrophylla* y *P. pennellii* tuvieron las medias y medianas más altas en comparación con *P. longipes* y *P. smithii*.

**Figura 2.** Crecimiento neto del tallo (A), cambio neto de hojas (B) y cambio neto de brotes (C) en los tratamientos evaluados.



Notas. Los tratamientos en la condición *ex situ* se indican en color naranja y corresponden a riego una vez por semana (T1), riego dos veces por semana (T2) y riego tres veces por semana (T3). El tratamiento en la condición *in situ* se indica en color verde y corresponde al testigo (T4). Letras distintas representan diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,005$ ). Los puntos negros representan los valores promedio para cada tratamiento.

**Figura 3.** Crecimiento neto del tallo (A), cambio neto de hojas (B) y cambio neto de brotes (C) para cada especie de *Passiflora* evaluada.



Notas. Letras distintas representan diferencias significativas entre especies ( $p < 0,005$ ). Los puntos negros son los valores promedio para cada especie.

Además, aunque no hubo diferencias significativas, en la [Figura 3B](#) se observa que el patrón de cambio neto de hojas fue similar para las especies y estuvo correlacionado con el crecimiento neto del tallo ( $rS = 0,49$ ;  $p < 0,001$ ). Esto indica que durante el periodo evaluado *P. dawei*, *P. erythrophylla* y *P. pennellii* manifestaron un crecimiento longitudinal más acelerado que las otras especies, favorecido por una mayor producción de hojas.

En cuanto al número de brotes, el patrón de cambio neto entre las especies fue generalmente opuesto al crecimiento del tallo ([Figura 3C](#)). *P. dawei* y *P. pennellii* produjeron menos brotes ([Figura 3C](#)) y estuvieron dentro de las especies con mayor crecimiento neto del tallo ([Figura 3A](#)). Por el contrario, *P. longipes* y *P. smithii* tuvieron una mayor producción promedio de brotes ([Figura 3C](#)) y un menor crecimiento neto del tallo ([Figura 3A](#)). En el caso de *P. erythrophylla*, tanto el crecimiento neto del tallo como el cambio neto de brotes estuvo dentro de los valores promedio más altos ([Figura 3A](#), [Figura 3B](#)). Esto indica que mientras para *P. dawei* y *P. pennellii* el crecimiento longitudinal fue prioritario durante el periodo evaluado, para *P. longipes* y *P. smithii* fue prioritario desarrollar más rebrotes para extender su crecimiento de forma horizontal.

## Discusión

En esta investigación se evaluaron las condiciones ambientales y el crecimiento de cinco especies endémicas y amenazadas del género *Passiflora* dentro de las colecciones del JBB y en sus hábitats naturales, con el propósito de identificar acciones de manejo que propendan al éxito de su conservación *ex situ*. Los resultados indican que las condiciones ambientales difieren entre los hábitats del JBB y los naturales, especialmente en cuanto a la temperatura, pero el crecimiento de las especies de *Passiflora* fue generalmente similar entre ambos, aunque con una mayor variación en los hábitats naturales. Tampoco se encontraron diferencias de crecimiento entre los distintos tratamientos de riego implementados en condiciones *ex situ* y, a nivel de especie, el

crecimiento tuvo un patrón particular en el que algunas especies priorizaron el crecimiento longitudinal de los tallos existentes, mientras que otras priorizaron un mayor desarrollo de brotes nuevos.

En condiciones *ex situ*, la temperatura y humedad relativa fueron generalmente más altas para las especies de clima frío y más bajas para las especies de clima cálido que las reportadas para las condiciones *in situ*. Esto podría indicar que las condiciones ambientales que se manejan actualmente en los invernaderos del JBB no serían ideales para el desarrollo de las especies de *Passiflora* debido a las diferencias con su hábitat natural, pues se ha demostrado que los cambios en la temperatura impactan la sobrevivencia ([Thomas et al., 2022](#)) y afectan el desarrollo óptimo de tejidos vegetales, así como los cambios de la humedad ambiental modifican el tamaño de las flores ([Carr, 2013](#); [Fischer et al., 2009](#); [Fischer & Miranda, 2021](#); [Menzel et al., 1986](#)). Sin embargo, durante el tiempo evaluado solo se evidenciaron cambios vegetativos importantes en el número de hojas entre las condiciones evaluadas, y no se observaron estructuras reproductivas que permitieran evidenciar dichos efectos. Esto sugiere que, aunque las diferencias en las condiciones ambientales entre ambos lugares son un llamado de atención importante para la mejora de la estrategia de manejo y conservación en el JBB, es necesario un monitoreo continuo de estas especies para identificar efectos a largo plazo en estructuras vegetativas y reproductivas.

Este monitoreo es especialmente importante, pues existe evidencia que señala que las diferencias ambientales entre el hábitat natural y el establecimiento *ex situ* pueden afectar el crecimiento y desempeño final de las plantas a largo plazo ([Enßlin et al., 2015](#); [Leimu & Fischer, 2008](#)). Por ejemplo, tras dos años de seguimiento, [Enßlin et al. \(2011\)](#) encontraron cambios evidentes únicamente en la diversidad genética de poblaciones que llevaban largos periodos de cultivo en condiciones *ex situ*, pero estos cambios afectaron las estructuras reproductivas, lo cual podría perjudicar su

desempeño en hábitats naturales al momento de hacer una reintroducción. En otro estudio, [Ying-Chun et al. \(2015\)](#) encontraron diferencias en la estructura genética de una especie amenazada entre poblaciones naturales y cultivos *ex situ*, lo que pone en riesgo su conservación efectiva debido a una pobre selección del material sujeto a conservación ([Xiao et al., 2021](#)). Además, no solo las características reproductivas y genéticas son afectadas a largo plazo, pues se ha encontrado que el tamaño, el número de hojas y la biomasa pueden variar positiva o negativamente entre el hábitat natural y el cultivo *ex situ* por más de seis años debido a las diferencias en competencia y disponibilidad de recursos ([Rauschkolb et al., 2019](#)). De esta manera, es posible que el tiempo de evaluación de este estudio no sea suficiente para evidenciar los efectos de las condiciones *ex situ* sobre el crecimiento de especies de *Passiflora*, y que las variables más susceptibles no se reduzcan a las estructuras vegetativas evaluadas, lo cual invita a incluir variables reproductivas y quizá genéticas que se puedan estudiar a largo plazo en futuras investigaciones.

Si bien la pérdida de hojas fue significativamente mayor y más variable en los hábitats naturales que en las condiciones *ex situ*, en condiciones *in situ* se presentó mayor crecimiento y variabilidad del tallo y de brotes nuevos. Esto puede estar relacionado con la disponibilidad de luz, que varía por la alta competencia, y los efectos hostiles a los que están sometidas las especies en su hábitat natural ([Fischer & Miranda, 2021](#); [Rauschkolb et al., 2019](#)), donde el quiebre de tallos se observó con mayor frecuencia debido a la caída de ramas o a intervenciones antrópicas que llevaron incluso a la muerte de varios individuos. Sin embargo, es posible que estos efectos sean compensados por el desarrollo de brotes o tallos nuevos como estrategia de sobrevivencia, ya que este fue más variable en los hábitats naturales que en las condiciones poco riesgosas de los invernaderos del JBB ([Figura 2C](#)). Así, aunque las condiciones *ex situ* del JBB parecen ser adecuadas y seguras para el crecimiento de las especies, también es necesario que estas experimenten estrés ambiental para fortalecer su capacidad de adaptación en condiciones

adversas, las cuales son inevitables en un área natural sujeta a reintroducción ([Ensslin et al., 2015](#)). Por lo tanto, aunque los resultados de esta investigación indican que el manejo *ex situ* de las especies de *Passiflora* dentro del JBB durante el periodo evaluado fue positivo para su conservación a corto plazo, es necesario mejorar la resistencia de las especies a fenómenos naturales adversos como parte de las actividades de manejo si se considera hacer una reintroducción a futuro.

Por otra parte, las variables de crecimiento evaluadas fueron similares entre los distintos tratamientos de riego implementados en las condiciones *ex situ*, pero los valores promedio fueron más altos para el riego que se realizó una vez a la semana (T1). Esto indica que no se presentó estrés hídrico en las especies bajo ninguno de los riegos aplicados y que, por el contrario, un riego menos frecuente, semejante al de su hábitat natural, parece favorecer su crecimiento vegetativo. Esto contradice algunos estudios que han evaluado los efectos del riego en especies de *Passiflora* para periodos de hasta tres años, en los que se ha identificado una disminución en el crecimiento vegetativo y la producción de frutos de buena calidad cuando se disminuye el riego ([Menzel et al., 1986](#); [Rao et al., 2013](#); [Souza et al., 2018](#)). Incluso se ha reportado que un riego abundante reduce el estrés y aumenta el crecimiento y la producción de frutos en estas especies ([Rao et al., 2013](#)), aunque no resisten periodos prolongados de anegamiento ([Fischer & Miranda, 2021](#)). No obstante, estas investigaciones han sido desarrolladas principalmente en especies de *Passiflora* comúnmente cultivadas y por periodos mucho más largos que el evaluado en este estudio, lo cual puede explicar las diferencias en los resultados. De esta manera, aunque el riego poco frecuente (una vez por semana) parece ser recomendable para aumentar el crecimiento *ex situ* de las especies de *Passiflora* como parte de las actividades de manejo del JBB, es necesario prolongar su monitoreo para complementar los resultados encontrados y corroborar si el riego empleado actúa de manera positiva o negativa sobre el crecimiento de estas especies a largo plazo.

Es importante señalar que existen algunas variables o condiciones ambientales que no fueron evaluadas en esta investigación, pero que son significativas para el éxito de las actividades de conservación *ex situ*. Entre estas se encuentra la escasez de agua, que afecta principalmente procesos fisiológicos en las plantas, como la expansión foliar, el cierre de estomas, el ajuste osmótico, entre otros (Donoso et al., 2011; Luna-Flores et al., 2012; Moreno, 2009; Souza et al., 2018). La cantidad de agua empleada en los tratamientos de riego de este estudio no representó necesariamente un déficit hídrico para las especies, pues fue similar o superior a la precipitación ocurrida en los hábitats naturales, por lo que se desconocen los efectos que pueda tener la escasez de agua en condiciones *ex situ* sobre las especies de *Passiflora* evaluadas y sobre su desempeño fisiológico. Tampoco se evaluaron las posibles diferencias nutricionales entre el suelo de los hábitats naturales y el sustrato empleado en las condiciones *ex situ* del JBB, lo cual podría ayudar a explicar las diferencias en la pérdida de hojas o la variabilidad en el crecimiento entre ambas condiciones. A esto se suma la radiación solar, que puede afectar el crecimiento y la reproducción de los individuos en las dos condiciones evaluadas (Fischer & Miranda, 2021), ya que las plantas están expuestas a una mayor radiación en los hábitats naturales que en las condiciones *ex situ*, donde están protegidas por la infraestructura de los invernaderos. También es necesario señalar que la cantidad de individuos evaluados en condiciones *in situ* fue inferior a la cantidad de individuos evaluados en condiciones *ex situ*, debido a su baja abundancia en los hábitats naturales y a una mayor tasa de mortalidad, lo cual se debe considerar en futuros estudios.

Independientemente de la especie y de las condiciones ambientales a las que se haya adaptado, el crecimiento de las especies fue particular y la mayoría presentó un patrón de compensación en el que elongar el tallo significó desarrollar menos brotes nuevos. Por ejemplo, el patrón de crecimiento fue similar para *P. dawei*, *P. pennellii* (de clima cálido) y *P. erythrophylla* (de clima frío), las cuales tuvieron un mayor crecimiento del tallo y hojas que de brotes, a

diferencia de *P. longipes* (de clima frío) y *P. smithii* (de clima cálido) que desarrollaron más brotes que hojas o tallos largos. Por lo tanto, el desarrollo inicial para las primeras especies parece estar caracterizado por crecer de manera vertical (cambio neto del tallo) antes de invertir en estructuras que les permitan ocupar un mayor espacio horizontal (cambio neto en brotes). Esto coincide con otros estudios en los que se ha demostrado que existe una expresión individual de crecimiento para cada especie de *Passiflora*, la cual depende de su capacidad morfogenética y resulta útil para entender sus habilidades competitivas (Caleño-Ruíz & Morales-Liscano, 2019; Souza et al., 2018). De modo que es indispensable considerar los requerimientos específicos de las especies de *Passiflora* y los recursos con los que se cuenta para direccionar los mantenimientos necesarios en el manejo del crecimiento longitudinal o lateral (tutorado, poda, fertilización, etc.) con el fin de asegurar su adecuada conservación *ex situ*.

## Conclusiones

En esta investigación se encontró que las condiciones ambientales dentro del JBB para la conservación *ex situ* de cinco especies endémicas y amenazadas del género *Passiflora* difieren de las condiciones ambientales de sus hábitats naturales y que, si bien su crecimiento no fue distinto en ambos lugares, sí fue más variable en los hábitats naturales. En el JBB, el crecimiento de las especies no varió bajo los tratamientos de riego empleados, pese a que se observó un crecimiento promedio más alto con el tratamiento de riego una vez por semana. Durante el periodo evaluado, cada especie tuvo un crecimiento diferenciado con un patrón de compensación: *P. dawei*, *P. pennellii* y *P. erythrophylla* priorizaron un mayor crecimiento longitudinal de sus tallos sobre el desarrollo de nuevos brotes, mientras que *P. longipes* y *P. smithii* priorizaron el desarrollo de nuevos brotes sobre la elongación de sus tallos.

A partir de estos resultados, y a pesar de las diferencias ambientales entre los sitios y tratamientos de riego evaluados, podemos concluir que las acciones de manejo de las especies de

*Passiflora* dentro del JBB parecen ser adecuadas para su establecimiento y crecimiento con fines de conservación *ex situ*. Sin embargo, los resultados hacen parte del monitoreo inicial y posterior al enriquecimiento de las colecciones vivas de *Passiflora*, el cual requiere una continuidad a largo plazo para proporcionar información complementaria frente a la efectividad e impactos de las acciones de conservación *ex situ* del JBB. A esto se suma la necesidad de incluir otras variables no consideradas en esta investigación, como variables fisiológicas y genéticas, que son indicadores importantes para asegurar el éxito en la conservación.

En cuanto al manejo de las especies, es recomendable tener en cuenta que el riego efectuado una vez por semana fue suficiente para garantizar un crecimiento adecuado y que los patrones de crecimiento de las especies son indicadores de los requerimientos de mantenimiento que deben ser practicados dentro del JBB, especialmente al momento de trasplantar e instalar tutores. Finalmente, se resalta que estos resultados son un primer paso para la construcción de una base científica que propenda a la conservación *ex situ* en el JBB con la cual se puedan formular recomendaciones para el mantenimiento no solo de especies de *Passiflora* sino de todas las colecciones vivas, las cuales pueden ser mejoradas con estudios similares que deben ser desarrollados a futuro.

## Agradecimientos

Esta investigación fue realizada dentro de la línea de Colecciones Especializadas para la Conservación (CEPAC) del equipo de colecciones vivas de la subdirección científica del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis bajo los contratos de prestación de servicios 147-2019, 031-2019 y 180-2019. Los autores expresan sus agradecimientos a los operarios de colecciones vivas que brindaron su apoyo en el montaje de ensayos, salidas de campo y aplicación de riegos a las especies de *Passiflora*, y a la estudiante Yeraldín Bermúdez por su apoyo en las salidas de campo y la recopilación de literatura.

## Referencias

- Bernal, R., Gradstein, S., & Celis, M. (2015). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co/es/>
- Caleño-Ruíz, B. L., & Morales-Liscano, G. (2019). Propagación asexual de especies endémicas y amenazadas del género *Passiflora* en los Andes colombianos. *Colombia Forestal*, 22(2), 67-82. <https://doi.org/10.14483/2256201x.14302>
- Caleño-Ruíz, B. L., & Morales-Liscano, G. (2021). Crecimiento de especies endémicas y amenazadas del género *Passiflora* en condiciones *ex situ* e *in situ*. v1.3. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. [http://catalogador.jbb.gov.co:8090/app/resource?r=001\\_bio-rrbb\\_sc\\_2019037](http://catalogador.jbb.gov.co:8090/app/resource?r=001_bio-rrbb_sc_2019037)
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2018). *Histórico de series hidrometeorológicas*. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. <https://www.car.gov.co/vercontenido/2524#>
- Carr, M. K. V. (2013). The water relations and irrigation requirements of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims): A review. *Experimental Agriculture*, 49(4), 585-596. <https://doi.org/10.1017/S0014479713000240>
- Cenicafé - Centro Nacional de Investigaciones de Café (2019). *Plataforma Agroclimática Cafetera*. Centro Nacional de Investigaciones de Café. [https://www.cenicafe.org/es/index.php/servicios/reportes\\_climaticos/servicios\\_plataforma\\_agroclimatica\\_cafetera](https://www.cenicafe.org/es/index.php/servicios/reportes_climaticos/servicios_plataforma_agroclimatica_cafetera)
- Chen, G., & Wei-Bang, S. (2018). The role of botanical gardens in scientific research, conservation, and citizen science. *Plant Diversity*, 40(4), 181-188. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2018.07.006>
- de Mendiburu, F. (2019). agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. R package version 1.3-1. <https://cran.r-project.org/package=agricolae>

- Dhawan, K., Dhawan, S. & Sharma, A. (2004). *Passiflora*: A review update. *Journal of Ethnopharmacology*, 94, 1-23. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.02.023>
- Donoso, S., Peña, K., Pacheco, C., Luna, G., & Aguirre, A. (2011). Respuesta fisiológica y de crecimiento en plantas de *Quillaja saponaria* y *Cryptocarya alba* sometidas a restricción hídrica. *Bosque*, 32(2), 187-195. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002011000200009>
- Enßlin, A., Sandner, T. M., & Matthies, D. (2011). Consequences of *ex situ* cultivation of plants: Genetic diversity, fitness and adaptation of the monocarpic *Cynoglossum officinale* L. in botanic gardens. *Biological Conservation*, 144(1), 272-278. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.09.001>
- Ensslin, A., Tschöpe, O., Burkart, M., & Joshi, J. (2015). Fitness decline and adaptation to novel environments in *ex situ* plant collections: Current knowledge and future perspectives. *Biological Conservation*, 192, 394-401. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.10.012>
- Fischer, G., Casierra-Posada, F., & Piedrahíta, W. (2009). Ecofisiología de las especies pasifloráceas cultivadas en Colombia. En D. Miranda, G. Fischer, C. Carranza, S. Magnitskiy, F. Casierra-Posada, W. Piedrahíta & L. E. Flórez (Eds.), *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba* (pp. 45-67). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/12824>
- Fischer, G., & Miranda, D. (2021). Review on the ecophysiology of important Andean fruits: *Passiflora* L. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 74(2), 9471-9481. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v74n2.91828>
- Leimu, R., & Fischer, M. (2008). A meta-analysis of local adaptation in plants. *PLoS ONE*, 3(12), e4010. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0004010>
- Luna-Flores, L., Estrada-Medina, H., Jiménez-Osornio, J. J. M., & Pinzón-López, L. L. (2012). Efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento y eficiencia del uso del agua en plantas de tres especies arbóreas caducifolias. *Terra Latinoamericana*, 30(4), 343-353. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57325814006>
- Mangiafico, S. (2019). rcompanion: Functions to Support Extension Education Program Evaluation. R package version 2.2.2. <https://cran.r-project.org/package=rcompanion>
- Menzel, C. M., Simpson, D. R., & Dowling, A. J. (1986). Water relations in passionfruit: Effect of moisture stress on growth, flowering and nutrient uptake. *Scientia Horticulturae*, 29(3), 239-249. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(86\)90067-1](https://doi.org/10.1016/0304-4238(86)90067-1)
- Moreno, L. P. (2009). Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 27(2), 179-191. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180316234006>
- Mounce, R., Smith, P., & Brockington, S. (2017). *Ex situ* conservation of plant diversity in the world's botanic gardens. *Nature Plants*, 3(10), 795-802. <https://doi.org/10.1038/s41477-017-0019-3>
- Nagel, R., Durka, W., Bossdorf, O., & Bucharova, A. (2019). Rapid evolution in native plants cultivated for ecological restoration: Not a general pattern. *Plant Biology*, 21(3), 551-558. <https://doi.org/10.1111/plb.12901>
- Ocampo, J., D'Eeckenbrugge, G. C., Restrepo, M., Jarvis, A., Salazar, M., & Caetano, C. (2007). Diversidad de las Passifloraceae colombianas: biogeografía y una lista actualizada para la conservación. *Biota Colombiana*, 8(1), 179-207. <https://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/article/view/181>
- Ocampo, J., Coppens d'Eeckenbrugge, G., & Morales, G. (2017). Genetic Resources of Colombian Tacsonias (*Passiflora* supersection Tacsonia): A biological treasure still to discover, use and conserve. *Passiflora Online Journal*, 10, 24-53. <https://www.passiflow.co.uk/passiflora-online-journal/>

- Ocampo, J., & Coppens d'Eeckenbrugge, G. (2017). Morphological characterization in the genus *Passiflora* L.: an approach to understanding its complex variability. *Plant Systematic and Evolution*, 303, 531-558. <https://doi.org/10.1007/s00606-017-1390-2>
- Ogle, D. H., Wheeler, P., & Dinno, A. (2019). FSA: Fisheries Stock Analysis. R package version 0.8.25. <https://github.com/droglenc/FSA>
- Perez, T. M., Valverde-Barrantes, O., Bravo, C., Taylor, T. C., Fadrique, B., Hogan, J. A., Pardo, C. J., Stroud J. T., Baraloto, C., & Feeley, K. J. (2018). Botanic gardens are an untapped resource for studying the functional ecology of tropical plants. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 374, 20170390. <https://doi.org/10.1098/rstb.2017.0390>
- R Core Team (2019). *R: A language and environment for statistical computing*. <https://www.r-project.org/>
- Rao, B. N., Jha, A. K., Deo, C., Kumar, S., Roy, S. S., & Ngachan, S. V. (2013). Effect of irrigation and mulching on growth, yield and quality of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.). *Journal of Crop and Weed*, 9(1), 94-98. [https://www.cropandweed.com/archives/?year=2013&vol=9&issue=1&article\\_id=473](https://www.cropandweed.com/archives/?year=2013&vol=9&issue=1&article_id=473)
- Rauschkolb, R., Szczeparska, L., Kehl, A., Bossdorf, O., & Scheepens, J. F. (2019). Plant populations of three threatened species experience rapid evolution under *ex situ* cultivation. *Biodiversity and Conservation*, 28(14), 3951-3969. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01859-9>
- Sharrock, S. (2012). *Global Strategy for Plant Conservation: A Guide to the GSPC all the targets, objectives and facts*. Botanic Gardens Conservation International. [https://bgci.org/wp/wp-content/uploads/2019/04/Guide\\_to\\_GSPC\\_english.pdf](https://bgci.org/wp/wp-content/uploads/2019/04/Guide_to_GSPC_english.pdf)
- Souza, P. U., Lima, L. K. S., Soares, T. L., de Jesus, O. N., Coelho Filho, M. A., & Girardi, E. A. (2018). Biometric, physiological and anatomical responses of *Passiflora* spp. to controlled water deficit. *Scientia Horticulturae*, 229, 77-90. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.10.019>
- Thomas, G., Sucher, R., Wyatt, A., & Jiménez, I. (2022). *Ex situ* species conservation: Predicting plant survival in botanic gardens based on climatic provenance. *Biological Conservation*, 265, 109410. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109410>
- Volis, S. (2017). Conservation utility of botanic garden living collections: Setting a strategy and appropriate methodology. *Plant Diversity*, 39(6), 365-372. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2017.11.006>
- Ulmer, T., & MacDougal, J. M. (2004). *Passiflora: Passionflowers of the World*. Timber Press.
- Xiao, Z. Q., Yang, T., Wang, S. T., Wei, X. Z., & Jiang, M. X. (2021). Exploring the origin and genetic representation of *ex situ* living collections of five endangered tree species established for 20-35 years. *Global Ecology and Conservation*, 32, e01928. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01928>
- Yockteng, R., D'Eeckenbrugge, G. C., & Souza-Chies, T. (2011). *Passiflora*. En C. Kole (Ed.), *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources Tropical and Subtropical Fruits* (pp. 129-171). Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-20447-0>
- Ying-Chun, M., Jian-Rong, S., Zhi-Jun, Z., Xue-Dong, L., Wan-De, L., & Shuai-Feng, L. (2015). Microsatellite markers indicate genetic differences between cultivated and natural populations of endangered *Taxus yunnanensis*. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 177(3), 450-461. <https://doi.org/10.1111/boj.12249>