

# Patrones fenológicos de *Macleania rupestris* y *Cavendishia nitida* (Ericaceae) del altiplano cundiboyacense basados en datos de herbario

Valentina Granés-Contreras

Departamento de Biología, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.

\*vgranés@javeriana.edu.co

## RESUMEN

Los patrones fenológicos de las plantas se pueden ver influenciados por los cambios climáticos que ocurren en una determinada zona. Sin embargo, a pesar de su importancia, no se tienen muchos estudios en donde se relacione el clima y la fenología que cubran una escala temporal elevada y mucho menos para especies de plantas nativas de nuestro país. Por tanto, se realizó un estudio fenológico de dos especies comestibles nativas de Colombia, *Macleania rupestris* (uva camarera) y *Cavendishia nitida* (uva camarona). Se llevó a cabo un registro de datos de cuatro herbarios de Colombia. El registro se realizó únicamente con los individuos ubicados en el Altiplano Cundiboyacense entre los años 1960 y 2019. Se analizaron un total de 236 individuos de ambas especies, mostrando con mayor frecuencia el estado de floración con un total de 86%. El análisis estadístico mostró una correlación positiva entre la floración de *Macleania rupestris* y la precipitación mensual ( $r_s = 0.5880$ ;  $p = 0.044$ ). Así mismo, el patrón de floración anual siguió la misma frecuencia entre ambas especies (Chi-cuadrado,  $p$ -valor = 0.2423).

## PALABRAS CLAVE

Respuesta fenológica, Ericáceas comestibles, factores ambientales.

## ABSTRACT

The phenological patterns of plants can be influenced by the climatic changes that occur in a certain area (Fava, 2019). However, there are not many studies where climate and phenology are related, and those that cover a high time scale and much less for native plant species of our country. Therefore, a phenological study of two native edible species of Colombia was carried out, *Macleania rupestris* and *Cavendishia nitida*, was carried out. Data from four different herbaria from Colombia were evaluated. The registry was carried out only with the individuals located in the Cundiboyacense highlands between 1960 and 2019. A total of 236 individuals of both species were analyzed, showing the flowering state more frequently with a total of 86%. The statistical analysis showed a positive correlation between the flowering stage of *Macleania rupestris* and monthly precipitation ( $r_s = 0.5880$ ;  $p = 0.044$ ). On the other hand, the annual flowering pattern followed the same frequency between both species (Chi-cuadrado,  $p$ -valor = 0.2423).

## KEY WORDS

Phenological response, environmental factors, edible ericaceae.

## INTRODUCCIÓN

La fenología es un término que se utiliza para hacer referencia a los estadios de vida de los organismos y cómo estos se relacionan de manera directa con los cambios climáticos y ambientales, proporcionando mayor entendimiento del funcionamiento de los organismos y de los ecosistemas asociados a estos (Cano et al.2019). En plantas, los estudios fenológicos se basan específicamente en tres grandes fases, la floración en donde se observa la producción de flores, la fructificación, proceso por el cual la planta produce frutos maduros, y finalmente la producción de hojas, la cual hace parte de la fase estéril o vegetativa de la planta (Medina & Rivero, 2017). Al evaluar cada fase, se debe tener en cuenta diferentes variables como el tiempo, la duración y la frecuencia de la misma, junto con los cambios estacionales del ecosistema asociado (Fava, 2019).

Realizar investigaciones que aborden patrones fenológicos en las plantas, posibilita tener registros temporales de los cambios físicos y fisiológicos de las mismas (Cano et al. 2019), lo cual, permite identificar y entender los patrones de floración y fructificación generando la posibilidad de realizar predicciones sobre su comportamiento y así poder generar acciones sobre su uso, aprovechamiento y conservación (Vogado et al. 2016). Por otro lado, la fenología nos indica las formas en las que la planta es capaz de adaptarse a situaciones ambientales estresantes, lo que permite entender las capacidades adaptativas de la planta. Por tal razón, este puede ser usado para establecer estrategias agrícolas para mejorar la productividad de los cultivos (Jimenez & García, 2020).

A pesar de su importancia, los estudios en fenología de plantas son escasos, más aún cuando se trata de especies poco estudiadas en diferentes aspectos biológicos como lo son las ericáceas comestibles colombianas. La familia de las ericáceas cuenta con 124 géneros, en Colombia algunos de los géneros de la familia se encuentran ubicados en las zonas altoandinas entre los 2400 y 4100 msnm (López et al, 2017). Dos especies de esta familia reconocidas por sus frutos comestibles en el Altiplano Cundiboyacense son *Macleania rupestris* (Kunth) A.C.Sm. 1935 y *Cavendishia nitida* (Kunth) A.C.Sm. 1935 (Luteyn, 1983). A pesar de su uso extendido, especialmente en *Macleania rupestris*, no se conocen sus patrones de fructificación y floración. Esto ha generado limitantes para conocer las especies a mayor profundidad en diferentes ámbitos biológicos, lo que disminuye el conocimiento sobre su funcionalidad, reduciendo las posibilidades de propiciar su aprovechamiento. Dos de las posibles dificultades que impiden investigaciones de este tipo son: primero, para poder establecer los patrones fenológicos de manera acertada, los estudios deben ser realizados en una escala temporal prolongada, aproximadamente 20 años, y los estudios en fenología realizados en plantas actualmente sólo cubren una escala de tiempo de aproximadamente 3 años (Fava, 2019) y segundo, la obtención de los registros climáticos son de difícil acceso o no poseen la información completa (Vogado et al.2016), más aún en territorios como el Altiplano Cundiboyacense

La especie *Macleania rupestris* (Figura 1) se encuentra entre los 2000 y los 4100 msnm en matorrales o campos de la zona altoandina (Pedraza-Peñalosa, 2015). Los frutos de esta especie tienen gran potencial alimenticio ya que son producidos abundantemente por la planta, pero estos son consumidos únicamente en las zonas andinas por integrantes de la región. Son usados generalmente para hacer postres o mermeladas (Cruz, 2012). Los pétalos son comestibles y las hojas funcionan para tratar diferentes condiciones como la fiebre tifoidea o la diarrea, dándole a esta especie múltiples usos de gran importancia para el ser humano (Valencia & Carrillo, 1991).

Por otro lado, *Cavendishia nitida* (Figura 2), generalmente se encuentra en alturas entre los 1300 y 3000 msnm (Pedraza-Peñalosa, 2015). Sus frutos son en baya con numerosas semillas (Carvajal, 2019). Al igual que *Macleania rupestris*, esta especie tiene gran potencial alimenticio, dado que sus frutos son consumidos por comunidades aledañas (Luteyn, 1983). Poseen metabolitos secundarios como

estilbenos, flavonas, flavonoides y terpenos aportando numerosos beneficios a quien los consume (Abril, 2010).

Gracias a las características morfológicas y fisiológicas, ambas especies cumplen con diferentes roles ecológicos importantes. Sirven como fuente de alimento para la fauna local como el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) (Aguilar & Torres, 2010).

Los cambios y características taxonómicas pueden ser observados a través de registros de herbario, los cuales funcionan como una “librería” de datos y especímenes que permiten evaluar dichas características en las especies, además de proveer información del año y lugar de colecta (Davis et al. 2015). Gracias a estos registros, el monitoreo de especies a lo largo del tiempo puede llegar a ser mucho más sencillo (Greve et al, 2016). Por lo tanto, aquellas observaciones que sean realizadas a largo plazo pueden proveer información más acertada sobre las alteraciones que tienen estos cambios ambientales en las fenofases de las especies de plantas (Miller et al, 2006). Es decir, los registros de herbario permiten, a través de especies conservadas, evaluar los cambios fenológicos y a su vez, facilitar la obtención de datos en escalas temporales elevadas (Davis et al, 2016).

Dada la importancia de estas dos especies de Ericaceae en ámbitos económicos, sociales y culturales, y la escasa información que se encuentra sobre su fenología, el siguiente trabajo se llevó a cabo con el objetivo de estudiar los patrones fenológicos de *Macleania rupestris* y *Cavendishia nitida* en el Altiplano Cundiboyacense a partir de datos de herbario y de registros climáticos, con el propósito de generar datos que sean de utilidad para ampliar el conocimiento de la biología de las ericáceas comestibles colombianas.



Figura 1: Frutos de *Macleania rupestris* y *Cavendishia nitida* en Cundinamarca (fuente: N. García)

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El Altiplano Cundiboyacense se distingue por presentar diferentes ambientes que se caracterizan por tener periodos estacionales hídricos, es decir, el ecosistema se encuentra influenciado por las lluvias. La temperatura es en promedio de 13,5 °C y la precipitación anual es de 580 a 1000 mm, en donde se evidencia mayor precipitación entre los meses de abril a junio (Aguilar & Torres, 2010). Dichas características le proporcionan a la zona una variedad de climas, suelos y vegetación (Aguilar & Torres, 2010). El altiplano cundiboyacense tiene diferentes paisajes y ecosistemas, sin embargo, la mayoría son intervenidos para actividades agrícolas, disminuyendo la posibilidad de encontrar individuos pertenecientes a las especies de Ericaceae (Vásquez et al.2006).

### *Especies estudiadas*

*Macleania rupestris* y *Cavendishia nitida* se encuentran en el Altiplano Cundiboyacense a alturas aproximadas entre 2000 y 3400 msnm. Ambas especies son reconocidas por los habitantes de la región ya que son consumidas o usadas para tratar diferentes condiciones médicas (Rosati & Cruz, 2019).

*Macleania rupestris* se caracteriza por ser un arbusto de 1 a 3 metros de alto, la base de la planta es truncada con abultaciones, posee hojas elípticas y sus flores poseen sépalos cortos. Los frutos son carnosos, crecen en baya y son numerosos (Figura 1), pueden ser de color morado a negros o también rosados y poseen numerosas semillas (Pedraza, 2009).

Por otro lado, *Cavendishia nitida* se caracteriza por ser un arbusto de 1 a 3 metros con un tallo erecto y glabro. Sus hojas son alternas, coriáceas y de ápice acuminado, fruto en baya con numerosas semillas (Figura 1) (Pedraza, 2009). Estas especies pueden ser encontradas en diferentes zonas como área de bosque altoandino y zonas de páramos (Rosati & Cruz, 2019).

### *Toma de datos*

Se analizaron un total de 416 registros de 46 localidades para ambas especies, los cuales fueron obtenidos de cuatro herbarios que albergan colecciones del Altiplano Cundiboyacense (Herbario Nacional Colombiano, Herbario Jardín Botánico José Celestino Mutis, Herbario de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y Herbario de la Pontificia Universidad Javeriana) dentro de los años 1960 a 2019.

Cada uno de los registros fue evaluado a partir de imágenes fotográficas y de los recursos digitales como las colecciones virtuales de cada herbario, exceptuando el herbario de la Pontificia Universidad Javeriana, cuyos excicados fueron evaluados de manera presencial. Se evaluó cada registro fotográfico para determinar su estado fenológico. Para determinar su estado de floración, se buscó la presencia de pétalos, estambres o flores completas en la planta. En el caso de fructificación se determinó si existían frutos maduros en la planta. Se estableció el estado fenológico de acuerdo con la ausencia o presencia de dichas características, en caso de existir los dos estados, se categorizó como “fructificación y floración”. Finalmente, en ausencia de ambas características se declaró como estéril. Adicionalmente,

se tuvieron en cuenta los comentarios adicionales que poseía cada registro para determinar su estado fenológico.

### *Datos climáticos*

Se usaron los datos climáticos de los sistemas de información de la Corporación Autónoma de Cundinamarca (CAR) y del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), con un total de 28 estaciones meteorológicas. Para el análisis se tuvieron en cuenta las variables temperatura promedio y precipitación mensual de cada estación meteorológica dentro de los años de colecta de los ejemplares. Para relacionar el registro de colecta con las variables climáticas se tomó como referencia que el registro estuviera en un rango máximo de 5 km de distancia con relación a la estación meteorológica.

Para la mayoría de los registros se utilizó la información meteorológica de la CAR, y en caso de inexistencia de los datos, se usó la información del IDEAM, particularmente para las estaciones ubicadas en Bogotá.

### *Análisis estadístico*

Se realizó un filtro de los datos teniendo en cuenta la ubicación de los registros, utilizando únicamente los datos que pertenecieran al Altiplano Cundiboyacense. Por otro lado, las colectas hechas en los años anteriores a 1960 y aquellos para los que no se obtuvo datos de precipitación y temperatura fueron descartados. Se analizaron en total 236 registros después del método de descarte. Debido a la frecuente ausencia de datos de temperatura, se realizó un análisis independiente entre la temperatura y la precipitación.

Para evaluar la existencia de correlación lineal entre las variables se realizó una prueba de Spearman a través del programa de R, usando como librerías `library("psych")`, `library("ggplot2")`, `library("car")`, `library("Hmisc")` y `library("corrplot")`. Para cada una de las especies se llevó a cabo la prueba de manera independiente entre la temperatura y la precipitación y las fenofases correspondientes. Finalmente, se realizó una prueba de chi cuadrado a través del programa R para evaluar la frecuencia anual de las fenofases entre las dos especies.

## **RESULTADOS**

Se registró el comportamiento fenológico de 236 individuos de ambas especies en una ventana temporal que va desde 1960 hasta la actualidad. La fenofase más frecuente en ambas especies es el estado de floración con un total de 80,9% de los registros.

Para *Macleania rupestris* se obtuvieron un total de 178 registros. De los cuales 141 representan el estado de floración y 40 el estado de fructificación y para *Cavendishia nitida* se obtuvieron 50 registros, de los cuales 46 corresponden al estadio de floración y solo 6 al estadio de fructificación, considerando la repetición de datos en los individuos que presentaron ambas fenofases (“fructificación-floración”).

### *Floración y fructificación*

En la Figura 2 se presentan las tendencias generales de la floración y la fructificación mensual total para cada una de las especies. *Macleania rupestris* presenta dos picos de floración, uno hacia el mes de abril y el otro entre octubre y noviembre. Así mismo, el pico de floración para *Cavendishia nitida* se presenta entre marzo y abril, desde junio a agosto y, finalmente, otro pico en el mes de noviembre. No obstante, el análisis estadístico revela que la frecuencia de eventos de floración entre las dos especies no presentan diferencias significativas (Chi-cuadrado, p-valor = 0.2423).

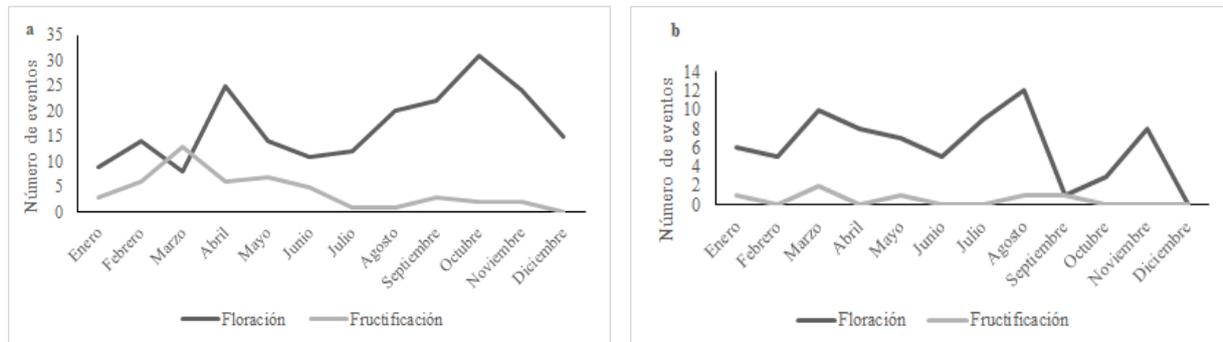


Figura 2: a. Número total de los eventos de floración y fructificación para *Macleania rupestris*. b. Número total de los eventos de floración y fructificación para *Cavendishia nitida*. Ambas especies a lo largo de todos los años de estudio. Sería bueno incluir desviación estándar.

Adicionalmente, al realizar una comparación entre los registros generales de ambas especies entre los años 60 - 70 y los años 80 - 2019, (Figura 3) se puede evidenciar un comportamiento similar en cuanto a los picos de floración en ambas especies. *Macleania rupestris* presenta un pico en el mes de abril para el periodo de los 60-70, mientras que para el periodo de los años 80-2019 presenta tres picos, el primero en el mes de febrero, el segundo hacia el mes de abril y el último en los meses de octubre a noviembre. Así mismo, *Cavendishia nitida*, presenta un pico para el mes de abril entre los años 60-70 y dos picos más, uno en el mes de abril y otro entre el mes de octubre a noviembre para los años 80-2019.

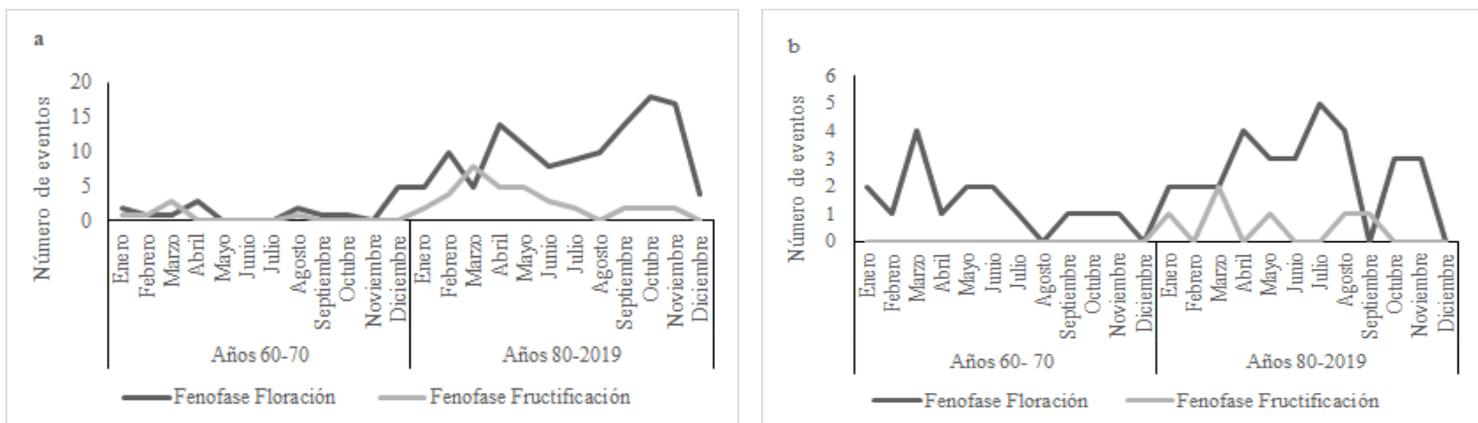


Figura 3: a. Número de eventos generales de fructificación y floración de *Macleania rupestris* entre los años 60-70 y los años 80-2019. b. Número de eventos generales de fructificación y floración de *Cavendishia nitida* entre los años 60-70 y los años 80-2019.

### Precipitación y fenofases

En la Figura 4 se presentan las tendencias mensuales de los eventos de floración y fructificación y la precipitación mensual total para cada una de las especies. Los resultados de la correlación de Spearman revelan la existencia de una correlación positiva significativa únicamente entre el estado de floración de *Macleania rupestris* y la precipitación total mensual (Tabla 1) ( $r_s = 0.5880$ ;  $p = 0.044$ ). Para las demás variables no se encontró una correlación significativa (Tabla 1).

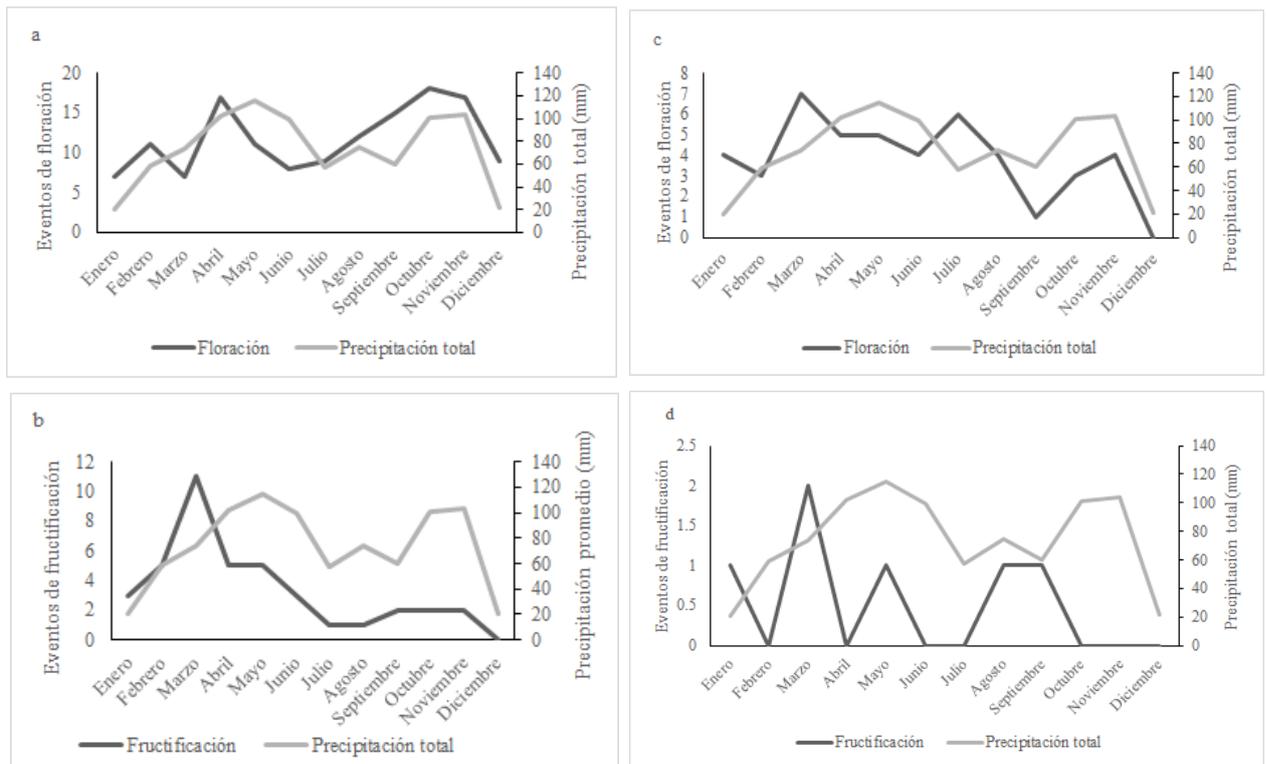


Figura 4: a. Número de eventos de floración total contra la precipitación total (mm) de *Macleania rupestris*. b. Número de eventos de fructificación total y precipitación total (mm) de *Macleania rupestris*. c. Número de eventos totales de floración contra la precipitación total (mm) de *Cavendishia nitida*. d. Número de eventos totales de fructificación contra la precipitación total (mm) de los años de registro de *Cavendishia nitida*.

Tabla 1: Resultados correlación de Spearman de *Macleania rupestris* y *Cavendishia nitida*. Los valores con asterisco (\*) representan los valores con una correlación significativa.

No se muestran valores para *Cavendishia nitida* de fructificación y temperatura debido a la ausencia de datos registrados.

Especie	Estado fenológico	Precipitación (mm)		Temperatura °C	
		Rho	Valor p	Rho	Valor p
<i>Macleania rupestris</i>	Floración	0.588*	0.044*	-0.3536	0.25
	Fructificación	0.3167	0.3158	0.4235	0.17
<i>Cavendishia nitida</i>	Floración	0.2857	0.3679	-0.3143	0.3197
	Fructificación	-0.075	0.815	-	-

### Temperatura y fenofases

En la Figura 5 se presentan las tendencias mensuales de los eventos de floración y fructificación y la temperatura media mensual para cada una de las especies. En el análisis estadístico no se evidencia ninguna correlación significativa entre estas variables. Por otro lado, debido a la ausencia de datos registrados en la fenofase de fructificación de *Cavendishia nitida*, no se presenta una figura para dicho evento.

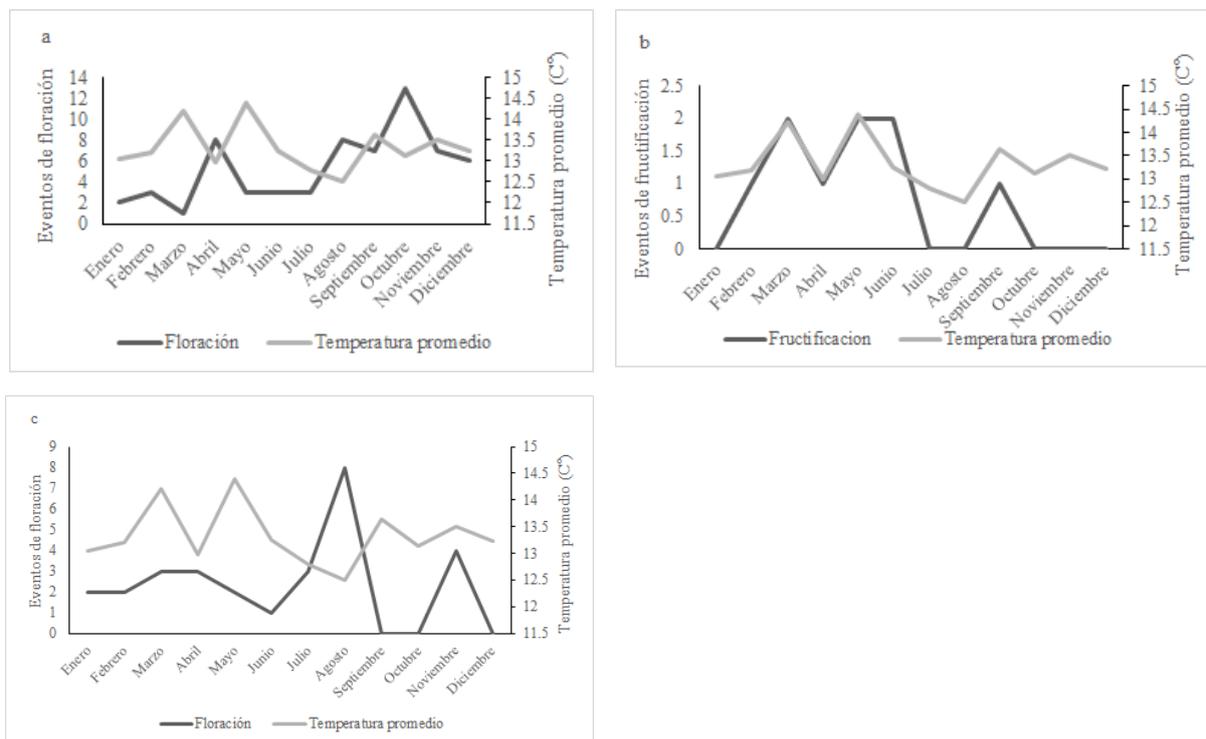


Figura 6: a. eventos de floración y la temperatura promedio (°C) a lo largo de todos los años de estudio de *Macleania rupestris*. b. Número de eventos de fructificación y la temperatura promedio (°C) de *Macleania rupestris*. c. Número de eventos de floración y temperatura promedio (°C) de *Cavendishia nitida*.

## DISCUSIÓN

Las fenofases de las especies de plantas se ven fuertemente influenciadas por diferentes aspectos ambientales, como la precipitación, la temperatura e incluso el comportamiento de diferentes animales que se alimentan de los frutos o néctar de la planta (Aranaga, 2010). Tener presentes los patrones fenológicos en plantas permite conocer la dinámica de un ecosistema, por ejemplo, los patrones de

productividad, el ciclo de nutrientes, la interacción entre planta-animal, entre otros (Ganjurjav et al, 2020). Sin embargo, los patrones de fructificación y floración en plantas pueden variar según la especie y el ecosistema asociado (Exner et al, 2010).

Una de las razones por las cuales la temperatura no haya sido una variable que afectara de manera directa las fenofases de ambas especies es debido a la poca variación de la temperatura que se encuentra en el Altiplano Cundiboyacense, la cual varía un máximo de 1 a 2 ° C al año. Por otro, los períodos de lluvia en la zona, los cuales son cambiantes a lo largo del año y varían de manera abrupta son una fuerte influencia en las especies vegetales (Aguilar & Torres, 2010). Es por esto por lo que se encontró cierta relación entre la floración de *Macleania rupestris* y la precipitación total mensual, mientras que no se observaron relaciones evidentes entre las fenofases y la temperatura promedio mensual (Figura 4).

*Macleania rupestris* es una especie caracterizada por poseer en mayor frecuencia los estados de floración, los cuales se pueden presentar a lo largo del año y de manera abundante (Parada, 2012). Los patrones fenológicos de *M. rupestris* que se evidenciaron en los resultados, presentaron un comportamiento similar al reportado en el estudio de Parada et al (2012), mostrando el evento de floración con frecuencia más alta en los meses de octubre a noviembre. Por otro lado, los eventos de fructificación reportados en el mismo estudio muestran una tendencia de fructificación entre los meses de marzo y abril, comportamiento que se asemeja a los resultados propuestos anteriormente.

Como se observó en los resultados presentados, se evidenció una relación significativa positiva entre la precipitación y la producción de flores en *Macleania rupestris*, lo que indica la existencia de una influencia de las lluvias en los eventos de floración de la especie, mostrando picos en los periodos de mayor precipitación. Estos resultados coinciden con el trabajo de Sáenz (2019), donde se reporta que tanto los eventos de producción de flores como los de producción de frutos en especies vegetales están fuertemente influenciados por los eventos de precipitación, dando como mayor producción de flores en los eventos de máxima precipitación.

Adicionalmente, se ha reportado que una variación alta en la temperatura es un factor que influencia los cambios en las fenofases de las especies de plantas (Sáenz, 2019). Sin embargo, *Macleania rupestris* no presentó una relación significativa entre la temperatura y los eventos de floración o fructificación. Es posible que dicho comportamiento se debiera a la poca variación de temperatura que se registra en el Altiplano Cundiboyacense. Un estudio fenológico con *Attalea nucifera* en los bosques secos de Guaduas (Cundinamarca), donde la temperatura también tiene poca variación a lo largo de año, encontró un patrón similar en el cual solo la precipitación influenció las fases de floración y fructificación (Jiménez & García, 2020).

*Cavendishia nitida*, al igual que *M. rupestris*, posee un ciclo de floración que se presenta a lo largo del año de manera continua, pero con ciertos picos. Los periodos donde se registra mayor producción de flores son en los meses de marzo y mayo, comportamiento que se asemeja a lo encontrado por Franco & Restrepo (2009) en la Cordillera Central. Por otro lado, en trabajos anteriores se evidencia la fuerte

relación que tiene el periodo de lluvias sobre la producción de flores en *C. nitida*, mostrando mayor producción de flores después del evento máximo de precipitación (Franco & Restrepo, 2009). Sin embargo, al analizar los patrones de floración de esta especie y los eventos de precipitación no se encontró una relación significativa entre estas dos variables. Las razones por las cuales se pudo presentar este evento son muchas, la principal pudo haberse debido a la falta de monitoreo de la especie en la zona en los años pasados y presentes, generando pocos registros de la especie en los diferentes herbarios consultados. Además de entender que los registros no son hechos a través de muestreos sistemáticos ni continuos a lo largo del tiempo. Por otro lado, *Cavendishia nitida* al igual que *M. rupestris*, es una especie fuertemente influenciada por los animales de la zona (polinizadores), por lo tanto, sus eventos de floración se adecuan al síndrome de ornitofilia, para así poder ofrecer de manera constante néctar a los polinizadores de la zona (Franco & Restrepo, 2009). Adicionalmente, el Altiplano Cundiboyacense, es una zona altamente intervenida por el hombre para usos agrícolas y ganaderos, provocando estrés en las plantas afectando de manera directa los patrones fenológicos de las especies (Sáenz, 2019), además de generar el desplazamiento de las especies en la zona (Aguilar & Torres, 2010).

La producción de frutos en *C. nitida*, se produce de manera continua a lo largo de todo el año, con mayor frecuencia entre los meses de marzo a mayo (Franco & Restrepo, 2009). Dicho comportamiento se vio reflejado en los resultados propuestos de manera similar al estudio anteriormente citado, sin embargo, la producción de frutos de la especie es mucho más baja. Por otro lado, no presentó una relación significativa entre la producción de frutos y la precipitación. Como se mencionó anteriormente, la precipitación es un factor que influye altamente en la producción de frutos y flores de las especies vegetales, sin embargo, debido a la falta de datos registrados en los herbarios pudo haber afectado de manera significativa los resultados propuestos.

Al evaluar la frecuencia de los estados fenológicos de ambas especies en el pasado (años 60-70) y presente (años 80-2019) se evidencia una tendencia con mayor cantidad de eventos tanto de floración como de fructificación para ambas especies en los años recientes, esto se debe posiblemente a que los registros y monitoreo de las especies en los años sesenta y setenta no haya sido de manera constante ni similar como en los años 80 en adelante, sin embargo, se logra evidenciar picos que se presentan de manera similar en ambos periodos de tiempo de ambas especies, por tal motivo es válido afirmar que las dos especies han tenido un patrón similar en sus eventos fenológicos durante los últimos 50 años. A pesar de las variaciones climáticas que se han dado a lo largo de los años de registro, las especies han tenido un comportamiento similar, esto es debido a que las especies tiene la capacidad de adaptarse a estas variaciones a las que están expuestos, generando que no existan cambios abruptos en su comportamiento a lo largo del tiempo (Fava, 2019).

Por otro lado, al evaluar los patrones de floración y fructificación de manera general de ambas especies, se evidencia un comportamiento parecido entre ellas a lo largo del año, esto se debe a que los eventos fenológicos de las especies pueden verse influenciados de manera análoga por los mismos factores bióticos y abióticos que los rodean, por lo tanto, las especies vegetales pueden presentar una sincronía en los eventos de producción de frutos y flores (García, 2017).

Finalmente, estos resultados nos presentan evidencia del comportamiento fenológico de estas dos especies a lo largo de un extenso periodo de tiempo que evidentemente están influenciados por variables ambientales, pero que también es necesario reconocer que existe un efecto de la frecuencia de recolección de muestras depositadas en los herbarios. A pesar de esta limitante, los registros de las colecciones biológicas se constituyen en piezas clave para estudiar la fenología a largo plazo, por lo cual parece necesario promover su aplicación y desarrollar nuevos métodos de análisis.

## CONCLUSIONES

- *Macleania rupestris* presenta una relación significativa positiva entre la precipitación y los eventos de floración, sin embargo, no se observó una relación significativa entre la producción de frutos y flores y las variaciones de la temperatura a lo largo de todos los años de registro en ambas especies.
- Se observó una sincronía en los eventos fenológicos generales de *Cavendishia nitida* y *Macleania rupestris*, mostrando picos similares en los eventos de fructificación y floración a lo largo de los 50 años de registros.
- Los patrones fenológicos de las especies muestran un patrón similar en los periodos de tiempo pasados y presentes, revelando las capacidades adaptativas de ambas especies en una escala temporal elevada.

## BIBLIOGRAFÍA

Abril, D. (2010) Las ericáceas con frutos comestibles del altiplano cundiboyacense. Trabajo de grado, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.

Aguilar, G. M., & Torres, S. (2010) Protocolo de uso y aprovechamiento de la uva de anís, *Cavendishia bracteata*, en matorrales andinos del Altiplano Cundiboyacense. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Cámara de Comercio de Bogotá, p. 32.

Aranga, G. P. (2010) Estrategias para monitorear cambio climático en páramos colombianos a partir de estudios en vegetación. Trabajo de grado, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.

Cano, M. C., Bustamante, M. E., & López, O. C. (2019) Phenological scale for the mortiño or agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) in the high Colombian Andean area. Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 72, p. 8897-8908.

Carvajal, J. A. (2019). Estudio fitoquímico de hojas y frutos de *Cavendishia nitida* (Kunth) A.C. Sm y evaluación de su actividad antioxidante. Trabajo de grado, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.

- Cruz, C. S. (2012) Caracterización morfológica y fisiológica de semillas y plántulas de *Macleania rupestris* (Kunth) A.C. Smith. Trabajo de grado, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.
- Davis, C., Willis, C., Connolly, B. C., Aaron, K., & Ellison, M. (2015) Herbarium records are reliable sources of phenological change driven by climate and provide novel insights into species' phenological cueing mechanisms. *American Journal of Botany*, 102, p. 1599-1609.
- Exner, E., Zabala, J., & Pensiero, J. (2010) Variación en la fenología de la floración y en el éxito reproductivo en *Setaria lachnea*. *Agrociencia*, 44, p. 779-789.
- Fava, S. W. (2019) Reproductive phenology of *Leptolobium dasycarpum* and *L. elegans* across the Brazilian savanna based on herbarium records. *Flora*, p. 34-41.
- Franco, S., & Restrepo, A. C. (2009) Biología floral y visitantes florales de *Cavendishia nitida* (Kunth) A.C. Smith. (Ericaceae), en la reserva natural la montaña, Salento, Quindío. Trabajo de grado, Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías. Universidad del Quindío. Armenia.
- Ganjurjava, H., Gornish, E. S., Hu, G., Schwartz, M. W., Wan, Y., Li, Y., Gao, Q. (2020) Warming and precipitation addition interact to affect plant spring phenology in alpine meadows on the central Qinghai-Tibetan Plateau. *Agricultural and Forest Meteorology*, 287, p. 107943.
- Gracia, A. H. (2017) Estudio preliminar de la fenología de fructificación en la vegetación con frutos carnosos en un relicto de bosque subtropical premontano en la vereda Marroquín, corregimiento el Morro, Casanare. Trabajo de grado, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias y Educación. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá.
- Greve, M., Lykke, M., Fagg, R., Gereau, G.P., Lewis, R., Marchant, A. R., Marshall, J. N., Dayishimiye, J., Bogaert, J., Svenning, M. (2016) Realising the potential of herbarium records for conservation biology. *South African Journal of Botany*, 105, p. 317-323.
- Jiménez, I., García, N. (2020) Phenology, biometrics and fruits production of *Attalea nucifera* (Arecaceae) in Colombia. *Acta biológica Colombiana*, 25, p. 104-111.
- Luteyn, J. (1983). *Flora neotropica*. The New York Botanical Garden, 35.
- López, C., Vásquez M., Lancheros, H., & Magnitskiy, S. (2017) Vegetative propagation of native fruit species of páramo *Thibaudia floribunda* and *Cavendishia bracteata* by cuttings. *Agronomía Colombiana*, 35, p. 12-22.
- Medina, E. L., & Rivero, A. G. (2017) Fenología de *Gossypium raimondii* Ulbrich "algodón nativo" de fibra de color verde. *Scientia Agropecuaria*, 8, p. 267-271.
- Miller, R. A., Primack, B. R., Primack, D., & Mukunda, S. (2006) Photographs and herbarium specimens as tools to document phenological changes in response to global warming†. *American Journal of Botany*, 93, p. 1667-1674.

Parada, Q. R., Alarcón, J. D., & Rosero, L. (2012) Fenología de la floración de especies ornitófilas de estratos bajos en dos hábitats altoandinos del parque natural municipal ranchería (Paipa-Boyacá Colombia). *Caldasia*, 34, p. 139-154.

Pedraza, P. (2009) Neotropical Ericaceae. Milliken, Neotropikey - Interactive key and information resources for flowering plants of the Neotropics.

Pedraza-Peñalosa, P. (2015) Ericaceae. En Bernal, R., S.R. Gradstein & M. Celis (eds.). Catálogo de Plantas y Líquenes de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Rosati, O. A., & Cruz, C. Y. (2019) Multiplicación in vitro de *Macleania rupestris* (Kunth) A.C. Sm. (Ericaceae). *Biotecnología vegetal*, 19, p. 265-275.

Sáenz, M. (2019) Evaluación de la respuesta fenológica y morfológica de 13 especies de plantas de páramo ante un calentamiento experimental. Trabajo de grado, Escuela de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito.

Valencia, M. L., & Carrillo, M. (1991) Anatomía del fruto de *Macleania rupestris* (H.B.K.) A.C. Smith (Uva Camarona). *Agronomía colombiana*, 8, p. 286-305.

Vásquez, C., Ariza A., & Pinilla A. (2006) Descripción del estado trófico de diez humedales del altiplano cundiboyacense. *Universitas scientiarum*, 11, p. 61-75.

Vogado, N. O., Gutiérrez, M. L., Maselli, G. M., & Cerdeira, L. P. (2016) Los efectos de borde sobre la fenología de la guamirim, *Myrcia guianensis* (Myrtaceae), un árbol cerrado. *Tropical Conservation Science*, 9, p. 291-312.