

PROTOCOLO PARA EL MONITOREO DE FENOLOGÍA Y POLINIZACIÓN EN CUMBRES DE LA RED GLORIA-ANDES VENEZUELA



PROTOCOLO PARA EL MONITOREO DE FENOLOGÍA Y POLINIZACIÓN EN CUMBRES DE LA RED GLORIA-ANDES VENEZUELA

Roxibell Pelayo, Luis D. Llambí, Luis Enrique Gámez,
J. Eloy Torres, Lirey Ramírez.

Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas,
Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

Fotografía de portada: Roxibel Pelayo

Introducción



Una revisión reciente sobre la historia y estado del arte de la investigación en los páramos venezolanos, resalta que existen importantes vacíos de información en aspectos relacionados con historias de vida, fenología e interacciones planta-animal en este ecosistema (Llambí y Rada 2019). Esta tendencia se mantiene para los Andes tropicales en general (Aguirre et al. 2012), lo que dificulta analizar el impacto del cambio climático sobre la fenología y las interacciones interespecíficas, debido a que la información es muy escasa. Por otro lado, en plantas de ecosistemas de zonas templadas, se ha encontrado evidencias de que los cambios en los patrones climáticos de los últimos años, afectan de diversas maneras patrones fenológicos como la amplitud de la floración o la fructificación, así como la disrupción de interacciones interespecíficas clave como la polinización (Harrison 2000, Chapman et al. 2005, Inouye 2008, Anderson et al. 2012).

Pelayo et al. (2019) realizaron una evaluación detallada de la fenología de floración y la red de plantas-polinizadores en los páramos venezolanos, en un intervalo altitudinal comprendido entre los 3000 y los 4200 m.s.n.m. En este estudio se observó que la floración de las plantas ocurre de manera gradual desde el inicio hasta el final del período lluvioso, razón por la cual existe un bajo solapamiento de la floración entre las especies; por otro lado, muy pocas plantas de este ecosistema exhiben una floración constante a lo largo del año y durante la época seca. Cabe destacar, que un porcentaje importante de estas plantas son polinizadas por animales, resaltando como principales polinizadores los colibríes, abejorros y otros insectos (Pelayo et al. 2019).

Otros estudios sobre fenología en los páramos se han enfocado en especies emblemáticas como son los Frailejones (*Espeletia* spp.; Berry and Calvo 1994, Fagua and Bonilla 2005); mientras que estudios sobre redes de plantas y

polinizadores son bastante escasos en los Andes tropicales. Sin embargo, la escasa información existente sugiere que estos sistemas podrían ser muy sensibles a modificaciones por pérdidas de especies debido a los cambios globales (Ramos-Jiliberto et al. 2010, Gonzalez y Loiselle 2016, Pelayo et al. 2019).

En Venezuela, la red GLORIA-Andes cuenta con un sitio de trabajo denominado La Culata-Piedras Blancas (Figura 1), el cual fue instalado en el 2012 y actualmente cuenta con un primer remuestreo (2017). El sitio CPB incluye 3 cumbres de monitoreo entre los 4.207 y los 4.604 m de elevación (Tabla 1). Durante el remuestreo realizado en 2017 evaluamos la posibilidad de realizar un levantamiento de información de línea base sobre el patrón de floración-fructificación de las especies de plantas presentes en estas

cumbres, así como cuáles eran sus principales polinizadores.

Las cumbres de la Culata-Piedras Blancas representan un escenario idóneo para ampliar el conocimiento sobre la ecología reproductiva de las plantas del páramo altiandino, así como para establecer una línea base que permita el monitoreo a largo plazo de la fenología de floración, fructificación y las redes de plantas-polinizadores en la red GLORIA-Andes y a nivel global. En los próximos remuestreos, será interesante poder evaluar, no solo los cambios en la abundancia de las especies, sino también poder registrar aumentos o disminuciones de los períodos de floración-fructificación de algunas especies, así como el aumento o la pérdida de polinizadores y/o modificaciones en la estructura de las redes de plantas-polinizadores.

Tabla 1. Descripción de las cumbres de monitoreo de la red GLORIA-Andes ubicadas en Piedras Blancas, Parque Nacional Sierra de la Culata, Venezuela.

SITIO DE OBSERVACIÓN	CUMBRES	ALTITUD (M.S.N.M.)	NO. TOTAL DE ESPECIES DE PLANTAS
La Culata- Piedras Blancas (Código: CPB)	Piñango 2 (Código: PI2)	4.207	59
	Piedras Blancas 4 (Código: PB4)	4.402	40
	Mordor 6 (Código: MO6)	4.604	14

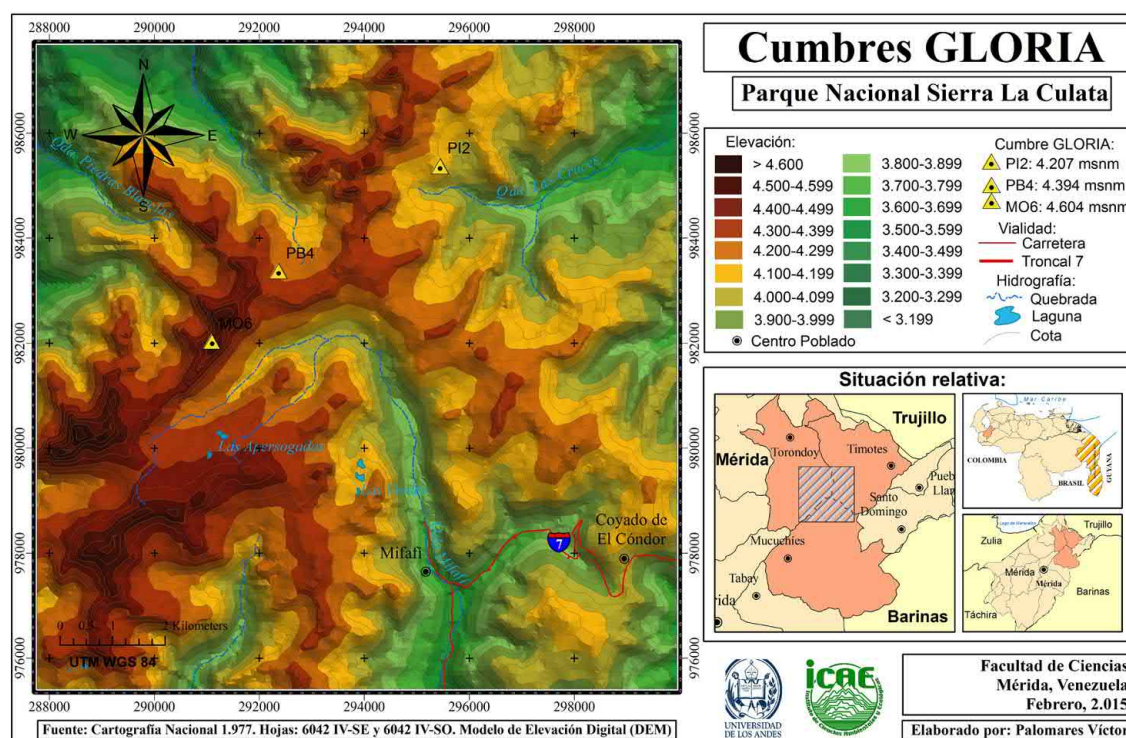


Figura 1. Mapa descriptivo del sitio GLORIA - Andes La Culata Piedras Blancas (CBP)

Métodos:

Fenología de floración-fructificación

En cada cumbre colocamos marcas con “flagging tape” de color llamativo, en las esquinas de las parcelas permanentes de dimensiones 3x3 m ($n=4$), ubicadas en cada orientación a 5 metros de elevación por debajo del punto más alto de la cumbre (según el protocolo estándar de la red GLORIA, Pauli et al. 2015); estas marcas facilitan la detección de las parcelas. Durante un año (diciembre de 2017-noviembre 2018), dos o tres investigadores realizamos mensualmente una visita de un día a cada cumbre, con el propósito de contabilizar el número de individuos de plantas vasculares con flores y frutos en el área total de cada parcela de 3x3 m (Figura 2). Decidimos no considerar las gramíneas, debido a que este grupo es anemófilo y muy abundante; descartarlas permitía optimizar el tiempo para la observación de plantas con flores que posiblemente recibirían visitas de polinizadores. Esta parte del muestreo es cuantitativo y permite registrar, para cada cumbre, información detallada sobre el número de individuos por especie con flores y frutos, presente cada mes en las parcelas 3x3 de cada orientación.

Para el muestreo cualitativo, realizamos un recorrido (evitando el pisoteo de la vegetación) en cada área cimera hasta la línea de 10 m por debajo del punto más alto de la cumbre (HSP), abarcando las cuatro orientaciones, con el propósito de detectar la presencia de especies que estuvieran en ese momento con flores y/o frutos (Figura 2). Esta parte del muestreo permite registrar para cada cumbre, información detallada sobre la presencia de especies con flores y frutos, cada mes en cada orientación.

Este protocolo ha sido eficiente para registrar la fenología de floración de las plantas de las

cumbres (excepto las gramíneas). El páramo altiandino se caracteriza porque algunas de sus plantas se reproducen asexualmente, otras a través de anemofilia y, las que lo hacen a través de zoofilia, presentan bajas tasas de visitas de los polinizadores (Berry 1986); así mismo existe una tendencia a la disminución de los polinizadores con la altitud, por lo que las probabilidades de formación de frutos por las plantas tiende a ser baja (Arroyo et al. 1983). Esto lo hemos detectado en las parcelas de 3x3m, donde en algunos casos no fue posible hacer un registro del paso de flores a frutos. Por otro lado, el registro cualitativo si permitió registrar la presencia de frutos a lo largo del año en las plantas de las cumbres. Finalmente, es probable que algunas especies tengan un desarrollo de los frutos (sobre todo en la época seca), menor a un mes y que por la periodicidad del muestreo, no hayan sido detectadas.

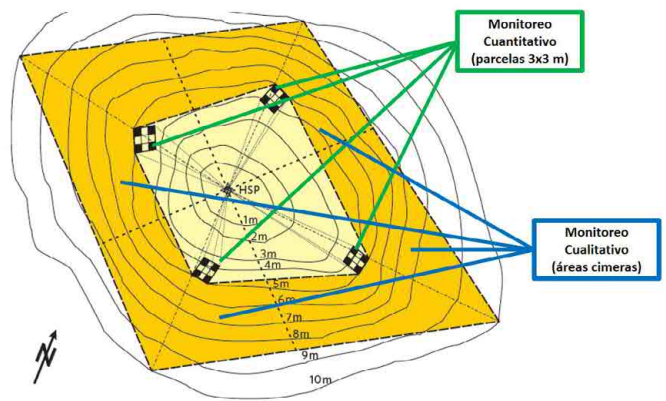


Figura 2. Esquema que representa una cumbre de monitoreo GLORIA. Se señalan las áreas donde realizamos el registro cuantitativo (parcelas de 3x3 m) y cualitativo (áreas cimeras) de la floración y fructificación de las plantas. Modificado de: Pauli et al. 2015

Análisis de los Polinizadores:

Durante cada visita mensual de un día a las cumbres, registramos todas las interacciones observadas entre flores y polinizadores, mientras colectábamos los datos de floración-fructificación. Para ello, utilizamos observación directa y con binoculares (10x42), cuando era necesario. En cada caso se registraba el número de visitas realizadas por el polinizador, si este contactaba las estructuras reproductivas de las flores. Los insectos desconocidos fueron colectados para su posterior identificación y depósito en la Colección Entomológica de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. En los casos en que los polinizadores eran aves, las identificamos en campo por comparación con la Guía de aves de Venezuela (Hilty 2003). El tiempo de observación fue variable, oscilando entre 2 y 6 horas para cada visita, dependiendo de las condiciones climáticas, pues no realizamos registros durante eventos de precipitación.

Adicionalmente, colocamos en cada visita 2 cámaras GOPRO White 3 (Figura 3) en especies de plantas con abundante floración (seleccionando

la planta aleatoriamente). Para esto, intentamos abarcar el mayor número de especies en floración para el momento de la visita. Las cámaras tomaban fotografías en alta resolución cada 0,5 segundos. En total, durante el año en que se llevó a cabo el estudio, realizamos un esfuerzo de 92 horas de observación directa y 107 horas con las cámaras. Una limitación del uso de estas cámaras es que en muchos casos, los insectos pequeños no se observan detalladamente en las fotografías, por lo que es muy importante y recomendable familiarizarse en campo con los visitantes florales, para el posterior análisis de las fotografías. Con la información colectada cada mes, elaboramos una matriz donde en las filas se ubican las especies de plantas y en las columnas los polinizadores. El producto final es un resumen del número de visitas que recibieron las flores de cada especie de planta por cada tipo de polinizador durante el año de muestreo.



Foto: Luis D. Llambí.

Figura 3. Cámaras GOPRO utilizadas para el registro de visitantes florales en las cumbres. Frente a la cámara planta en flor de *Draba chionophilla*.

Análisis de los datos

A partir de estas observaciones, se realizaron esquemas para representar temporalmente los patrones fenológicos y calcular índices de solapamiento (Primack 1985), los cuales permiten medir si las especies florecen o fructifican simultáneamente o si la floración está distribuida a lo largo del año. A su vez, se construyeron redes de plantas-polinizadores para cada cumbre, así como para el páramo altoandino de Piedras Blancas en general. En cada caso, se evaluó su estructura y se calcularon índices de anidamiento y especialización (Bascompte et al. 2003, Blüthgen et al. 2006). Estos índices permiten evaluar la interdependencia de las

especies de plantas y polinizadores, la robustez del sistema a posibles pérdidas de polinizadores y el nivel de especialización existente en el sistema. Estas variables pueden cambiar como consecuencia de cambios en la riqueza y/o estructura de la vegetación, así como por cambios fenológicos. Esta información se consolidará en un manuscrito, que será sometido a la revista *Frontiers in Ecology and Evolution*, en un número especial sobre cambio climático y biodiversidad en montañas.



Foto: Gisela Rodríguez

Resultados Principales

Hemos obtenido el patrón de floración y fructificación para 43 y 21 especies de plantas respectivamente. La floración se concentra hacia el final del período lluvioso e inicio del seco (Figura 4). Sin embargo, no hay un alto

solapamiento entre las especies. Aun así, la fructificación sí tiende a estar más concentrada durante el período seco (con la excepción de las especies con floración continua, ver Figura 5).

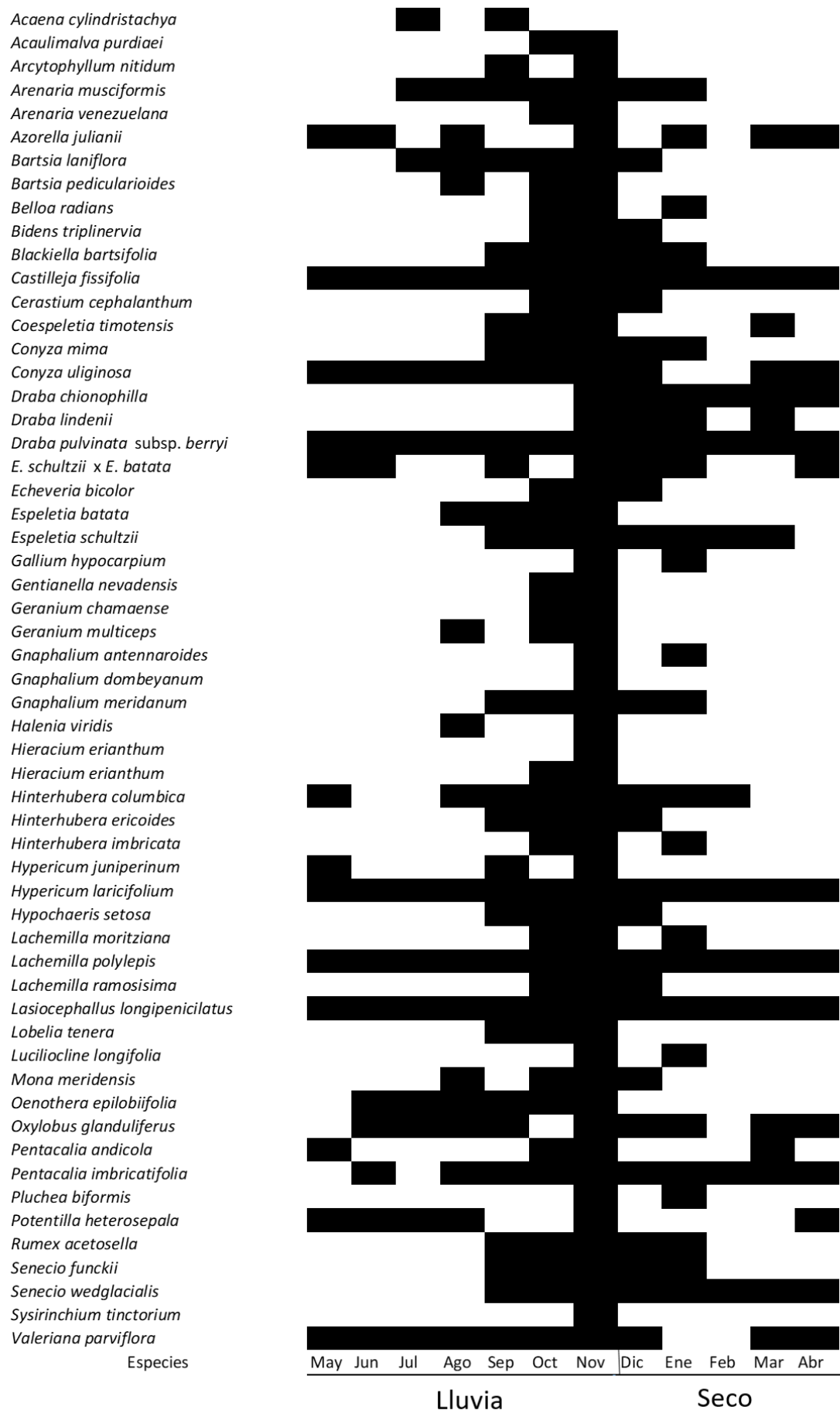


Figura 4. Patrón de floración durante los diferentes meses del año de 43 especies de plantas vasculares (no se incluyen las gramíneas) en el conjunto de las 3 cumbres de monitoreo del sitio La Culata-Piedras Blancas (Venezuela). Diciembre de 2017-Noviembre 2018.

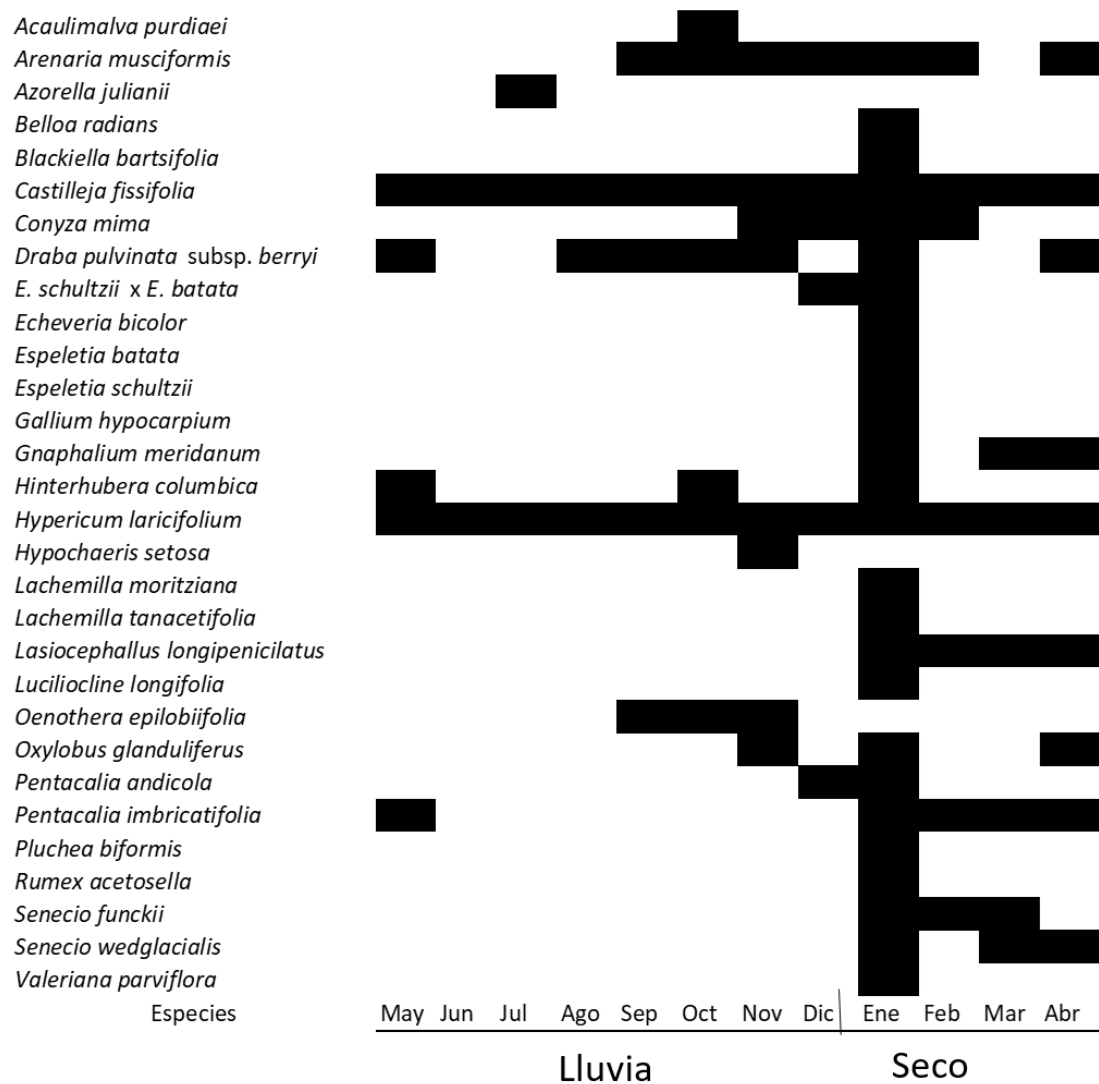


Figura 5. Patrón de fructificación durante los diferentes meses del año de 43 especies de plantas vasculares (no se incluyen las gramíneas) en el conjunto de las 3 cumbres de monitoreo del sitio La Culata-Piedras Blancas (Venezuela). Diciembre de 2017-Noviembre 2018.

A su vez, hemos construido la red de plantas y polinizadores general, a partir de la información proveniente de las tres cumbres (Figura 6). La red está compuesta por 27 especies de plantas y 13 especies de polinizadores y tiene un bajo grado de anidamiento pero un alto grado de especialización.

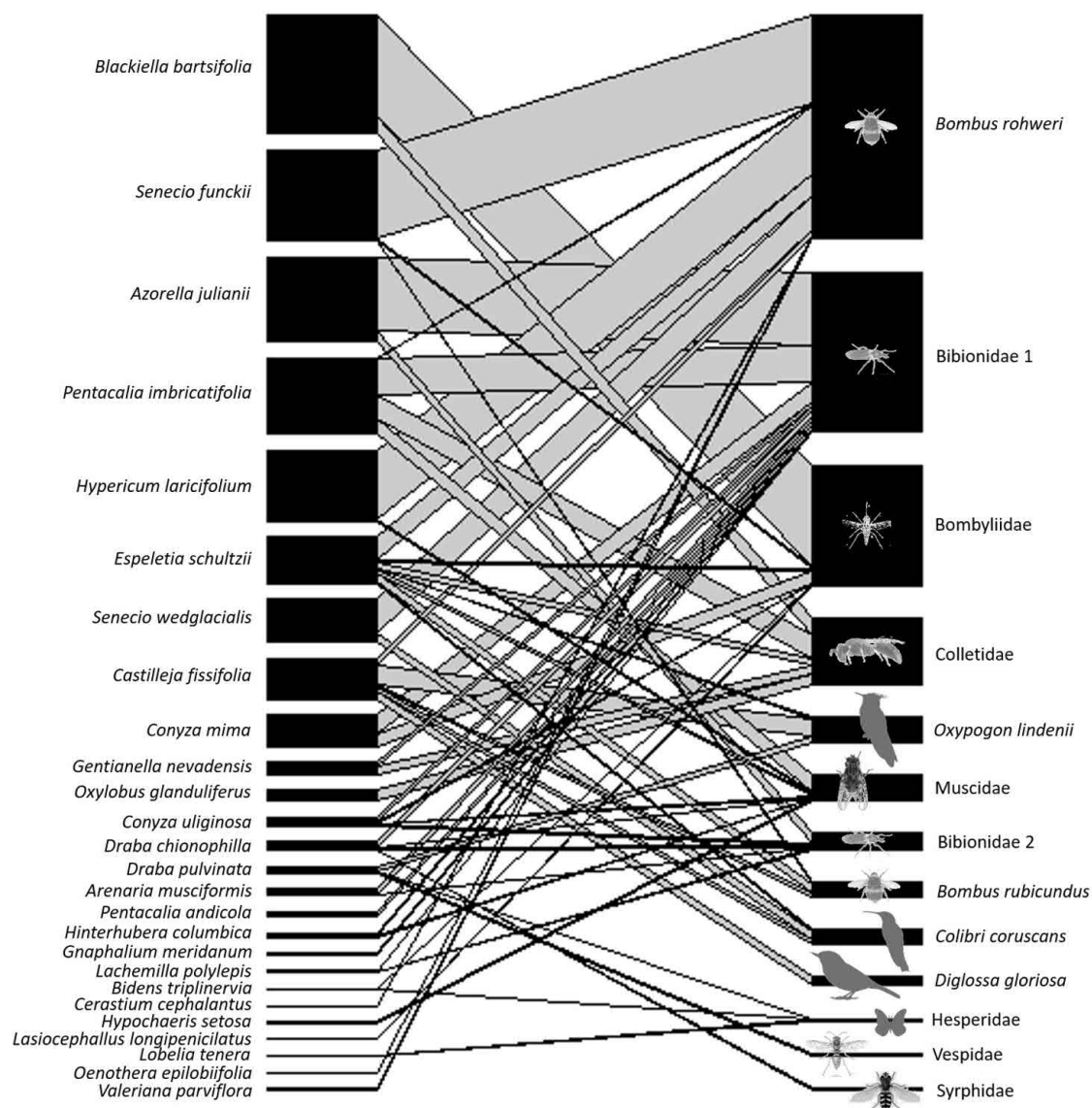


Figura 6. Red de plantas y sus polinizadores en el conjunto de las 3 cumbres de monitoreo del sitio La Culata-Piedras Blancas (Venezuela). Diciembre de 2017-Noviembre 2018.

Referencias

- Aguirre LF, Anderson EP, Brehm G, Herzog SK, Jørgensen PM, Kattan GH, Maldonado M, Martínez R, Mena JL, Pabón JD, Seimon A, Toledo C. 2011. Phenology and interspecific ecological interactions of Andean biota in the face of climate change. In: Sebastian Herzog SK, Martínez R, Jørgensen PM, Tiessen H: *Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE)*, 348 pp.
- Anderson JT, Inouye DW, McKinney AM, Colautti RI, Mitchell/Olds T. 2012. Phenotypic plasticity and adaptive evolution contribute to advancing flowering phenology in response to climate change. *Proceedings of the Royal Society B* 279:3843-3852.
- Arroyo MT, Armesto T, Primack R. 1982. Tendencias altitudinales en mecanismos de polinización en la zona andina de los Andes templados de Sudamérica. *Revista Chilena de Historia Natural* 56:159-180.
- Bascompte J, Jordano P, Melián CJ, Olesen JM. 2003. The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100:9383-9387.
- Berry PE. 1986. Los sistemas reproductivos y mecanismos de polinización del género *Espeletia* en los páramos venezolanos. *Anales del IV Congreso Latinoamericano de Botánica*, vol. II. Simposio ecología de la reproducción e interacciones planta/animal. p. 25-33.
- Berry PE, Calvo RN. 1994. An overview of the reproductive biology of *Espeletia* (Asteraceae) in The Venezuelan Andes. In: Rundel P W and R Meinzer, editors. *Tropical Alpine Environments: Plant form and function*. Cambridge University Press.
- Blüthgen N, Menzel F, Blüthgen N. 2006. Measuring specialization in species interaction networks. *BMC Ecology* 6:9.
- Chapman CA, Chapman LJ, Struhsaker TT, Zanne AE, Clark CJ, Poulsen JR. 2005. A Long-Term Evaluation of Fruiting Phenology: Importance of Climate Change. *Journal of Tropical Ecology* 21:31-45.
- Fagua JC, Bonilla MA. 2005. Ecología de la polinización de *Espeletia grandiflora*. In: Bonilla MA, editor. *Estrategias Adaptativas de Plantas del páramo y del Bosque alto andino en la Cordillera Oriental de Colombia*. UNIBIBLOS, Bogotá Colombia. P. 246-271.
- Harrison RD. 2000. Repercussions of El Niño: drought causes extinction and the breakdown of mutualism in Borneo. *Proceedings of the Royal Society of London B, Biological Sciences* 267:911-915.
- Hilty SL. 2003. *Birds of Venezuela*. Princeton, New Jersey: Princeton Univ. Press.
- Inouye DW. 2008. Effects of climate change on phenology, frost damage, and floral abundance of montane wildflowers. *Ecology* 89(2):353-362.
- Llambí LD, Rada F. 2019. Ecological research in tropical alpine ecosystems of the Venezuelan páramo: past, present and future. *Plant Ecology and Diversity* 12(6): 519-538. <https://doi.org/10.1080/17550874.2019.1680762>
- Pauli, H. et al. 2015. The GLORIA field manual – standard multi-summit approach, supplementary methods and extra approaches. – GLORIA-Coordination, Austrian Academy of Sciences and Univ. of Natural Resources and Life Sciences.
- Pelayo RC, NJ Márquez, PJ Soriano, L Navarro. 2019. Phenological patterns and pollination network structure in a Venezuelan páramo: a community-scale perspective on plant-animal interactions. *Plant Ecology & Diversity*. <https://doi.org/10.1080/17550874.2019.1675096>
- Primack RB. 1985. Patterns of flowering phenology in communities, populations, individuals, and single flowers. In *population structure of vegetation*. Springer Netherlands. p. 571-593.
- Ramos-Jiliberto R, Domínguez D, Espinoza C, Lopez G, Valdovinos FS, Bustamante RO, Medel R. 2010. Topological change of Andean plant-pollinator networks along an altitudinal gradient. *Ecological Complexity* 7(1):86-90.