

El polimorfismo en el color de frutos de *Gaultheria mucronata* (L.f.) Hook. & Arn. no afecta su germinación predispersiva

The fruit-color polymorphism in *Gaultheria mucronata* (L.f.) Hook. & Arn. does not affect pre-dispersive germination

Sergio A. Castro^{1,*} & Edith Jerez¹

¹Laboratorio de Ecología y Biodiversidad, Departamento de Biología, Facultad de Química y Biología, Universidad de Santiago de Chile

*E-mail: sergio.castro@usach.cl

ABSTRACT

The germinative dynamics of *Gaultheria mucronata* (L.f.) Hook. & Arn. seeds from fruits of different colors were compared. Seeds from white, pink and dark-pink fruits were subjected to germination trials, evaluating the final germination percentage, accumulated germination percentage and the mean germination period (T_{50}). The results did not show statistically significant differences between the treatments, implying that the fruit color polymorphism does not show differences in the germinative behavior analyzed here.

INTRODUCCIÓN

El polimorfismo en el color de frutos carnosos constituye un tributo ampliamente distribuido en Angiospermae (Simpson 2006). Sin embargo, sus consecuencias ecológicas y microevolutivas han sido poco estudiadas (Burns 2005; Willson & O'Dowd 1989). El color del epicarpo puede atraer diferencialmente a frugívoros dispersores, y por ello, afectar la dispersión de semillas, el éxito reproductivo y, finalmente, el devenir evolutivo del rasgo polimórfico en la población (Nevo *et al.* 2018).

El polimorfismo en el color de frutos ha sido reconocido en varios géneros de Ericaceae, como *Arbutus* L., *Erica* L., *Gaultheria* L. y *Vaccinium* L. (Wood 1961; Kron *et al.* 2002). En Chile, el género *Gaultheria* se encuentra representado por 12 especies (Rodríguez *et al.* 2018), de las que seis exhiben bayas carnosas (Teillier & Escobar 2013) y de estas, cuatro muestran frutos polimórficos, según Teillier & Escobar (2013). *Gaultheria mucronata* (L.f.) Hook. & Arn. es una de las especies que muestra variación polimórfica en el color de los

frutos (Teillier & Escobar 2013; Sleumer 1935), exhibiendo colores blanco, rosado y rosado-oscuro (*sensu* Teillier & Escobar 2013). Cada planta de esta especie presenta frutos de un color particular, con leve variación en la tonalidad dependiendo del estado de maduración (Castro, obs. pers.). Dado que la fuente de esta variación podría ser genética, como ha sido documentado en otros géneros de la familia (*e.g.*, Hall & Aalders 1963), *Gaultheria mucronata* constituye un atractivo modelo biológico para el estudio de procesos ecológicos y microevolutivos que guían la mantención de este tipo de polimorfismo. En esta línea, un objetivo básico para comenzar a comprender el papel del color de frutos en el ciclo de vida de *Gaultheria mucronata*, requiere determinar si este rasgo afecta la germinación de semillas previo a su dispersión. En el presente reporte analizamos la dinámica de germinación de semillas extraídas de frutos de distinto color. Buscamos establecer si la germinación de semillas se halla asociada al color de frutos, en la etapa predispersiva del ciclo de vida de *Gaultheria mucronata*. Dado que, tanto el color del fruto como el genoma de las semillas contenidas en el fruto,

poseen información genética procedente de la planta madre, es posible esperar algún tipo de asociación entre algún parámetro germinativo y color de fruto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Frutos de *Gaultheria mucronata* fueron colectados en la cercanía del Parque Nacional Conguillío (38° 49,005' S; 71° 38,564' O), en septiembre de 2018. Los frutos fueron colectados de distintas plantas (al menos 50 individuos en total), todos ellos en estado maduro y sin evidencia de daño. Una vez colectados, los frutos fueron agrupados por color, independientemente de la planta de la que fueron extraídos, y embolsados en papel, para luego ser transportados al laboratorio. En laboratorio, las semillas fueron extraídas de los frutos manualmente.

Para evaluar el papel del color del fruto en la germinación, realizamos ensayos germinativos en placas Petri, las que fueron cubiertas en su interior por papel gofrado, humedecido con agua destilada. En cada placa se dispusieron 10 semillas, obteniendo un diseño de 18 placas por color, con 54 placas en total. Cada placa fue rotulada para su posterior monitoreo, y sellada con Parafilm.

La germinación fue registrada periódicamente, contabilizando el número de semillas germinadas (presencia de radícula y/o epicotilo) y calculando el porcentaje de germinación respecto del total de semillas dispuestas inicialmente en las cápsulas Petri.

Una vez finalizados los experimentos, calculamos tres indicadores de la germinación: el porcentaje de germinación

acumulado, el porcentaje de germinación final y el período de germinación media (T_{50} ; Ordoñez-Salanueva *et al.* 2015). Con el objeto de comparar estadísticamente estos indicadores, aplicamos pruebas ANOVA de un factor en las que el color del fruto fue el factor independiente (con tres niveles), en tanto que la germinación acumulada, final y período medio de germinación (T_{50}) fueron variables dependientes; dada su falta de normalidad, la variable dependiente fue normalizada mediante transformación angular. En el caso del análisis de la germinación acumulada se usó una prueba de ANOVA para medidas repetidas.

RESULTADOS

La dinámica germinativa de las semillas de *G. mucronata* procedentes de frutos de distinto color se muestra en la Fig. 1. El porcentaje de germinación final fue de 57,6 % (± 30 D.E.) para semillas de frutos blancos, 42,5 % ($\pm 15,5$) para rosado y 65,8 % ($\pm 16,4$) para rosado-oscuro. Así, el porcentaje final no mostró diferencias estadísticamente significativas ($F_{(2,53)} = 1,2$; g.l.= 2; $P = 0,217$). En términos de la dinámica temporal de la germinación (Fig. 1), el ANOVA de medidas repetidas tampoco evidenció diferencias estadísticas significativas para la germinación de semillas de diferente color de frutos ($F_{(14,94)} = 1,2$; $P = 0,254$). Finalmente, para el período de germinación medio (T_{50}), la comparación del período de germinación medio (T_{50}) fue de 15,5 días ($\pm 6,8$) en el caso de frutos blancos, 18,7 días ($\pm 7,9$) para rosado y 16,1 días ($\pm 5,9$) para frutos rosado-oscuro; estos valores no mostraron diferencias estadísticas significativas ($F_{(2,53)} = 1,1$; g.l.= 2; $P = 0,331$).

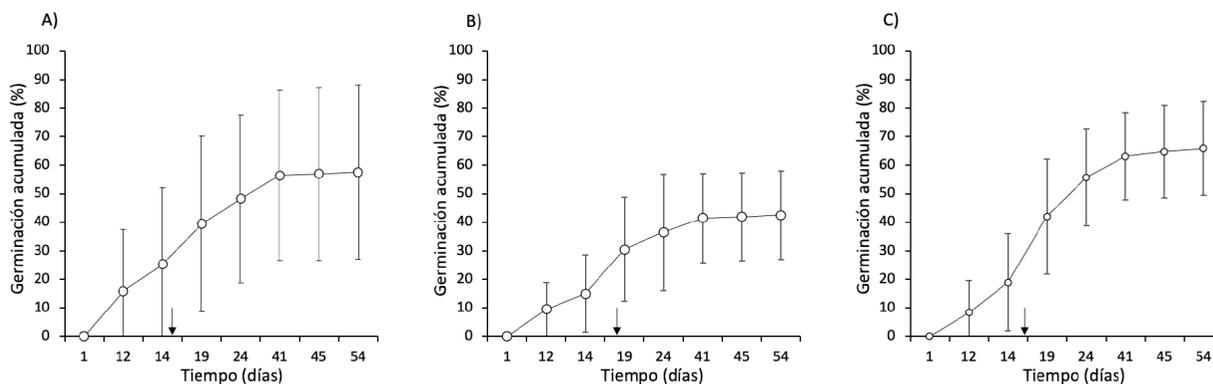


FIGURA 1. Germinación acumulada (%) de *Gaultheria mucronata* a lo largo del tiempo. Las semillas proceden de frutos de distinto color: blanco (panel A), rosado (B) y rosado-oscuro (panel C). La flecha corresponde al tiempo en que se registró la germinación del 50 % de las semillas (T_{50}). / Cumulative germination (%) of *Gaultheria mucronata* over time. Seeds are from fruits of different color: white (panel A), pink (B) and dark pink (panel C). The arrow corresponds to the time at which germination of 50 % of the seeds was recorded (T_{50}).

DISCUSIÓN

Nuestros resultados muestran que el polimorfismo en el color de frutos de *Gaultheria mucronata* no tiene efectos sobre la habilidad germinativa de sus semillas en la etapa predispersiva de su ciclo de vida. En este sentido, es importante destacar que, dado el procedimiento manual en la extracción de semillas, nuestro experimento supone que los frutos no han sido ingeridos por frugívoros dispersores. Este hecho no es inusual pues, bajo condiciones de campo, se observan frutos intactos, caídos bajo la planta madre (Castro, obs. pers.). Para *Gaultheria mucronata* se desconoce qué proporción de frutos, finalmente, es consumido y dispersados desde la planta (o desde el sustrato), por lo que la influencia del color de frutos en la ecología de la dispersión en semillas en esta especie debe explorarse con mayor profundidad. En esta línea, es particularmente importante evaluar si el polimorfismo en el color de frutos exhibido por esta especie puede influenciar el consumo por vertebrados y la germinación posdispersión endozoócora.

Diversos autores han mostrado que el polimorfismo en el color de los frutos puede influenciar el éxito de la dispersión por endozoocoría (e.g., Burns 2005; Traveset *et al.* 2001). En efecto, tanto aves como mamíferos frugívoros pueden detectar y/o consumir determinados fenotipos (i.e., colores) en desmedro de otros (Riba-Hernández *et al.* 2004; Wilson & Comet 1993; Wilson & O'Dowd 1989). Considerando que el color del epicarpo es un rasgo parental (i.e., de la planta adulta) heredable –al menos en algunos géneros de Ericaceae (Hall & Aalders 1963)–, el consumo diferencial de frutos puede determinar el éxito reproductivo de las plantas (Traveset *et al.* 2001). En este escenario, *Gaultheria mucronata* podría no ser la excepción, pues, a lo largo de su distribución, diversas especies de aves y mamíferos pueden consumir sus frutos y defecar sus semillas intactas (Figueroa *et al.* 1996; Armesto *et al.* 1987). En este contexto, el polimorfismo en el color de frutos podría estar sujeto a la selección de consumo por parte de frugívoros dispersores (i.e., aves y mamíferos), lo que representaría una fuerza de selección en poblaciones naturales (Endler 1986).

Estudios previos han documentado germinación de semillas en rangos entre 45 y 63 %, como promedio final (Figueroa *et al.* 1996; Arena *et al.* 1994), similares a los valores que aquí reportamos. Estos estudios, adicionalmente, han reconocido que la estratificación térmica y un fotoperíodo de mayor oscuridad que de luz, reducen el porcentaje final de germinación (Arena *et al.* 1994). Este hecho da cuenta de la multiplicidad de factores y condiciones que pueden experimentar las poblaciones naturales de *Gaultheria mucronata* a lo largo de su extenso rango geográfico, que

en Chile cubre desde la región del Maule (aprox. 35° S) hasta Magallanes (58° S) (Rodríguez *et al.* 2018). Así, la representación de fenotipos no solo podría depender del potencial efecto de frugívoros y animales dispersores de semillas, sino también del desempeño biológico en respuesta a condiciones ambientales, tales como temperatura y fotoperíodo (Figueroa *et al.* 1996; Arena *et al.* 1994). No obstante lo anterior, un aspecto que hemos notado en terreno es que en diversas localidades visitadas, la representación de plantas que producen frutos blancos es menor al resto de los fenotipos (< 10 % de las plantas). Este hecho sugiere que este fenotipo podría tener una desventaja comparativa respecto del resto de los fenotipos del polimorfismo. En consecuencia, futuros estudios podrán dilucidar de qué manera se mantiene este polimorfismo en condiciones de campo, así como la importancia genética y ambiental que subyacen en su origen.

En resumen, nuestros resultados indican que el comportamiento germinativo de *Gaultheria mucronata* no difiere entre semillas procedentes de frutos polimórficos.

AGRADECIMIENTOS

Agradece al proyecto DICYT 022042CM_AYUDANTE de la Universidad de Santiago de Chile.

REFERENCIAS

- Arena, M.E., Martínez-Pastur, G., Vater, G. 1994. The role of stratification and light on seed germination in *Pernettya mucronata* (L.f.) Gaudich ex. G. Don. *New Zealand Journal of Botany* 32: 337-339.
- Armesto, J.J., Rozzi, R., Miranda, P., Sabag, C. 1987. Plant/frugivore interactions in South American temperate forests. *Revista Chilena de Historia Natural* 60: 321-336.
- Burns, K.C. 2005. Effects of bi-colored displays on avian fruit color preferences in a color polymorphic plant. *Journal of the Torrey Botanical Society* 132: 505-509.
- Endler, J. 1986. Natural selection in the wild. *Monographs in Population Biology*, Princeton University Press.
- Figueroa, J., Armesto, J.J., Hernández, J.F. 1996. Estrategias de germinación y latencia de semillas en especies del bosque templado de Chiloé, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 69: 243-251.
- Hall, I.V., Aalders, L.E. 1963. Two-factor inheritance of white fruit in the common lowbush blueberry, *Vaccinium angustifolium* Ait. *Canadian Journal of Genetic and Cytology* 5: 371-373.
- Kron, K.A., JuDo, W.S., Stevens, P.F., Crayn, D.M., Anderberg, A.A.,

- Gadek, P.A., Quinn, C.J., Luteyn J. L. 2002. Phylogenetic classification of Ericaceae: Molecular and morphological evidence. *The Botanical Review* 68: 335-423.
- Nevo, O, Valenta, K., Razafimandimby, D., Melin, A.D., Ayasse, M., Chapman, C.A. 2018. Frugivores and the evolution of fruit colour. *Biology Letters* 14: 20180377.
- Ordoñez-Salanueva, C.A., Seal, C.E., Pritchard, H.W., Orozco-Segovia, A., Canales-Martínez, M., Flores-Ortiz, C.M. 2015. Cardinal temperatures and thermal time in *Polaskia* Beckeb (Cactaceae) species: Effect of projected soil temperature increase and nurse interaction on germination timing. *Journal of Arid Environments* 115: 73-80.
- Riba-Hernández, P., Stoner, K.E., Osorio, D. 2004. Effect of polymorphic colour vision for fruit detection in the spider monkey *Ateles geoffroyi*, and its implications for the maintenance of polymorphic colour vision in platyrrhine monkeys. *Journal of Experimental Biology* 207: 2465-2470.
- Rodríguez, R., Marticorena, C., Alarcón, D., Carlos Baeza, C., Cavieres, L., Finot, V.L., Fuentes, N., Kiessling, A., Mihoc, M., Pauchard, A., Ruiz, E., Sánchez, P., Marticorena, A. 2018. Catálogo de las plantas vasculares de Chile. *Gayana Botánica* 75: 1-430.
- Simpson, M. G. 2006. *Plant systematics*. Elsevier Academic Press.
- Sleumer, H. 1985. Taxonomy of the genus *Pernettya* Gaud. (Ericaceae). *Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie*. Leipzig 105: 449-480.
- Teillier, S., Escobar, E. 2013. Revisión del género *Gaultheria* L. (Ericaceae) en Chile. *Gayana Botánica* 70: 136-153.
- Traveset, A., Riera, N., Mas, R.E. 2001. Ecology of fruit-colour polymorphism in *Myrtus communis* and differential effects of birds and mammals on seed germination and seedling growth. *Journal of Ecology* 89: 749-760.
- Willson, M.F., Comet, T.A. 1993. Food choices by north western crows: experiments with captive, free-ranging and hand-raised birds. *The Condor* 95: 596-615.
- Willson, M.F., O'Dowd, D.J. 1989. Fruit color polymorphism in a bird-dispersed shrub (*Rhagodia parabolica*) in Australia. *Evolutionary Ecology* 3: 40-50.
- Wood, C. E., Jr. 1961. The genera of Ericaceae in the southeastern United States. *Journal of the Arnold Arboretum* 42: 10-80.

Received: 26.05.2022

Accepted: 04.08.2022