



MORFOTIPOS DE FLORES EN CUATRO GENOTIPOS DE *CORIANDRUM SATIVUM* (APIACEAE)

Adriana E. Lenardis^{1*}; Susana A. Suárez² y Alejandra Gil¹

¹ Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Vegetal, Cátedra de Cultivos Industriales. Av. San Martín 4453 (1417), Ciudad Autónoma de Bs. As. Argentina.

² Universidad Nacional de Río Cuarto, Facultad de Ciencias Exactas, Fco.-Qcas. y Nat., Departamento de Ciencias Naturales, ruta 36 km 601 (5800) Río Cuarto, Córdoba. Argentina.

*E-mail: lenardis@agro.uba.ar

Recibido: 31/08/2018

Aceptado: 03/12/2018

RESUMEN

La morfología, distribución y agrupamiento de las flores en las inflorescencias y los compuestos volátiles emitidos por las flores al ambiente, participan en la atracción de los insectos. Distintos genotipos de coriandro pueden diferir en las señales volátiles emitidas y la comunidad de insectos asociada. El objetivo de este trabajo fue caracterizar en un mismo ambiente los morfotipos de flores de cuatro genotipos de coriandro que fueron previamente asociados a distintas comunidades de insectos. En la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires se realizó el experimento en DCA con 4 repeticiones. Los tratamientos fueron 4 genotipos de coriandro de diferente procedencia: Leisure 2008 (L), variedad de USA, GSN 2008 (G), variedad de Francia, Verdor (V) variedad de Brasil y una población Argentina (A). En plena floración, se cosecharon al azar entre 72 a 80 flores de cada genotipo, seleccionando las umbelas de ramas de primer y segundo orden de jerarquía. Todos los genotipos presentaron mayor proporción de flores con pétalos cortos que con pétalos largos. El genotipo A presentó la mayor diversidad en los morfotipos de flores: perfectas, estaminadas y pistiladas. Los genotipos L y G presentaron flores perfectas y estaminadas, en distinta proporción. El genotipo V se destacó en la proporción de flores de pétalos cortos y por la presencia de pistiladas. La similitud entre L y G y su diferencia con respecto al genotipo A refuerza la idea de que, además de los compuestos químicos volátiles, la morfología floral contribuye a explicar la asociación detectada entre los genotipos de coriandro y sus visitantes florales.

Palabras claves: coriandro, flor perfecta, flor imperfecta

FLOWER MORPHOTYPES IN FOUR CORIANDER *CORIANDRUM SATIVUM* (APIACEAE) GENOTYPES

SUMMARY

Morphology, distribution and clustering of flowers in inflorescences together with the volatile compounds emitted by the flowers, contribute in the attraction of insects. Different coriander genotypes may differ in the volatile signals emitted and related insect communities visiting them. The objective of this work was to characterize in the same environment the flower morphotypes of four coriander genotypes that were previously associated with different insect communities. A field experiment was conducted in a completely randomized design (DCA) with four replications at the Faculty of Agronomy in the University of Buenos Aires. Treatments were four coriander genotypes from different origins: Leisure 2008 (L) a variety from USA, GSN 2008 (G) a variety from France, a population from Argentina (A) and Verdor (V) a variety from Brasil. At full flowering, 72 to 80 flowers of each genotype were randomly harvested, choosing umbels from branches of first and second order hierarchy. A higher proportion of flowers with short petals than with long petals were found in all genotypes. Genotype A presented the greatest diversity in flower morphotypes: perfect, staminate and pistillate. The L and G genotypes showed perfect and staminate flowers, in different proportions. The genotype V was featured by the proportion of flowers with short petals and the presence of pistillate flowers. The similarity between L and G and its difference with respect to genotype A reinforces the idea that, in addition to the volatile chemical compounds, the floral morphology could help explain the relationship between insect assemblages and coriander genotypes.

Key words: coriander, perfect flower, imperfect flower

INTRODUCCIÓN

La abundancia de néctar y polen, la morfología (organización, simetría, color, etc.), la distribución y el agrupamiento de las flores en las inflorescencias (Diederichsen, 1996; Raven *et al.*, 2005) y los compuestos volátiles emitidos por las flores al ambiente, participan en la atracción de los insectos (Bendifallah *et al.*, 2013).

Los organismos de reproducción sexual, en particular las plantas han desarrollado mecanismos y para reducir o impedir la autopolinización (Raven *et al.*, 2005; Beck, 2014; Taiz *et al.*, 2015; Judd *et al.*, 2016). Estos mecanismos tienen base genética, química y morfológica, y varían entre y dentro de cada especie (Beck, 2014; Taiz *et al.*, 2015). Entre los mecanismos que impiden la autopolinización encontramos la capacidad de la planta de producir factores que inhiben la fecundación (autoincompatibilidad), estambres y estilos de diferente longitud (heterostilia), separación espacial o temporal del androceo y gineceo (hercogamia y dicogamia, respectivamente), o la combinación de ellos (Beck, 2014; Taiz *et al.*, 2015). Esto permite que una misma planta o inclusive en una misma inflorescencia tenga flores perfectas e imperfectas (estaminadas y/o pistiladas) (Raven *et al.*, 2005; Beck, 2014). Estas diferencias específicas pueden luego influir sobre otros atributos de la floración como la fenología (Thomas y La Frankie, 1993), tamaño, número y longevidad de las flores (Delph *et al.*, 1996; Delph *et al.*, 2005; Primack, 1985), producción de néctar (Bawa y Opler, 1975), fragancias florales (Ashman, 2009), defensa ante herbívoros (Cornelissen y Stirling, 2005), diferencias que pueden tener consecuencias importantes para las visitas de los polinizadores (Vaughton y Ramsey, 1998; Ashman, 2000; Case y Barrett, 2004; Glaettli y Barrett, 2008).

Lenardis *et al.* (2017) encontraron correlación entre las señales químicas aéreas emitidas por distintos genotipos de coriandro (*Coriandrum sativum* L.) y la estructura de la comunidad de polinizadores asociados. No obstante, estos resultados no descartan que parte de la relación entre los distintos genotipos y los insectos pudiera explicarse por otros atributos como las características de las flores. Numerosos trabajos científicos demostraron que la complejidad de los atributos florales, tales como la simetría, color y tamaño contribuyen a la visualización, orientación, aterrizaje y forrajeo por parte de los insectos (Ne'eman y Kevan, 2001).

El coriandro es una especie cultivada de ciclo anual invernal, perteneciente a la familia *Apiaceae*. Las características taxonómicas sobresalientes de la familia son las inflorescencias en forma de umbela, simple o compuesta, las flores usualmente perfectas, actinomorfas y pequeñas, con cinco sépalos, cinco pétalos, cinco estambres con granos de polen tricolpados y gineceo bicarpelar ínfero, con dos estigmas (Judd *et al.*, 2016). En particular, el coriandro presenta umbelas compuestas y cada umbélula se compone de numerosas flores pequeñas (0,3-1cm), blancas o rosa pálido, perfectas, estaminadas y pistiladas (Abu-Hammour, 2008; citado en Sharma y Sharma, 2012), actinomorfas o zigomorfas. Estas últimas, se localizan en la periferia de las umbélulas y presentan la corola formada por algunos pétalos de mayor tamaño (Diederichsen, 1996). Las flores actinomorfas, estaminadas y pistiladas, se ubican mayormente en el centro de la umbélula (Diederichsen, 1996; Abu-Hammour, 2008). La proporción de flores estaminadas y perfectas puede variar entre genotipos, orden de umbela y condiciones ambientales. Singh y Ramanujam (1973) encontraron diferencias significativas entre genotipos en la distribución de flores estaminadas y perfectas de las um-

belas. Giridhar *et al.* (2016) encontraron una relación flores estaminadas/perfectas entre 1,75 - 2,07 al analizar las umbélulas en umbelas de ramas de primer y segundo orden de jerarquía de *C. sativum* var. *indicum* Stolet.

El desarrollo de los verticilos fértiles (gineceo y androceo) de las flores está mediado por factores genéticos, epigenéticos y fisiológicos (Raven *et al.*, 2005; Taiz *et al.*, 2015, Aryal y Ming, 2014). En coriandro, los carpelos son promovidos por reguladores del crecimiento como el ácido giberélico e inhibidos por el cloromecuato, fosphon y ethephon (Amruthavaili, 1978; Taiz *et al.*, 2015).

En coriandro las flores zigomorfas y las umbelas compactas juegan un rol importante al momento de atraer un gran número y variedad de especies de insectos. Algunos de estos visitantes llevan polen de una flor/umbela a otra y actúan como posibles polinizadores, otros son sólo visitantes casuales (Koul *et al.*, 1989). En estas especies cuya polinización es entomófila, genotipos con distinta morfología floral pueden presentar diferencias cuantitativas en las flores polinizadas fecundadas impactando luego sobre los frutos formados; ya que podría verse modificada la frecuencia y diversidad de visitantes florales con impacto en el rendimiento. Por lo tanto, caracterizar las flores en las inflorescencias constituye una fuente de información muy útil para estudios agronómicos, ecológicos, sistemáticos y filogenéticos (Sitte *et al.*, 1994; Rua, 1999; Judd *et al.*, 2016). El objetivo de este trabajo fue caracterizar en un mismo ambiente las flores de cuatro genotipos de coriandro asociados previamente a distintas comunidades de insectos.

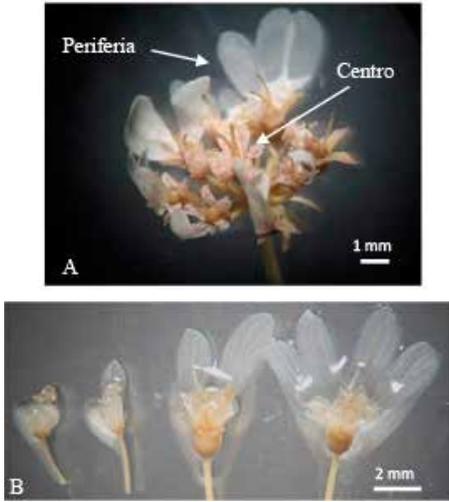
MATERIALES Y MÉTODOS

En la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (34° 35' 30.7"

S, 58° 29' 13.7" O) se realizó un experimento en diseño completamente aleatorizado (DCA) con 4 repeticiones. Los tratamientos fueron 4 genotipos de coriandro de diferente procedencia: Leisure 2008 (L), variedad de USA, GSN 2008 (G), variedad de Francia, Verdor (V) variedad de Brasil y una población Argentina (A).

Previo a la siembra, se realizó un análisis del poder germinativo en el Laboratorio de Semillas de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires con el objetivo de determinar el poder germinativo y ajustar la cantidad de semillas m⁻² a sembrar. Las densidades fueron de 150-200 plantas m⁻² a fin de homogeneizar el fenotipo de cada individuo dentro del stand (Gil *et al.*, 1999). La siembra se realizó en forma manual en el mes de junio, en hileras orientadas de norte a sur, con el fin de optimizar la entrada de luz al canopeo y minimizar el sombreado entre las hileras de siembra. Las parcelas se regaron periódicamente para evitar que el cultivo quedase expuesto a situaciones de estrés hídrico. Las malezas se controlaron manualmente. En plena de floración, se cosecharon al azar entre 72 a 80 flores de cada genotipo, seleccionando las umbelas de ramas de primer y segundo orden de jerarquía.

Las inflorescencias se conservaron en FAA (formol, ácido acético y alcohol) hasta el momento de su caracterización. En ellas se clasificaron y cuantificaron las flores perfectas e imperfectas (pistiladas y estaminadas), subdivididas a su vez en pétalos largos (+ 2 mm) y pétalos cortos (- 2 mm). La sola presencia de un pétalo largo determinó la inclusión de la flor en el grupo pétalo largo, ya que indica su ubicación hacia la periferia de la umbela (Figura 1 A y B).

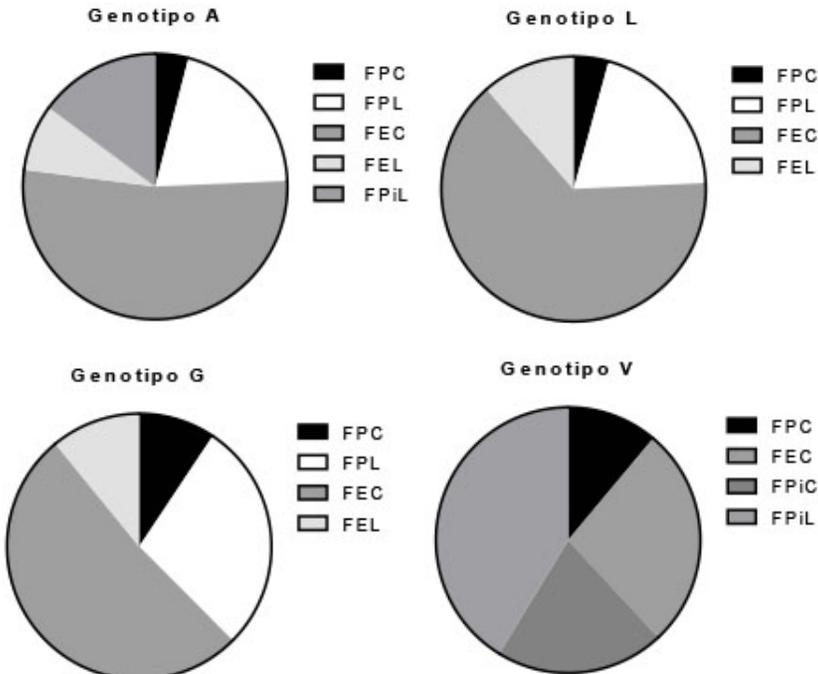


Fotos: Susana A. Suárez

Figura 1. (A) Umbelula de *C. sativum*; (B) Detalle de los morfotipos hallados en una misma umbelula (de izquierda a derecha) flor estaminada pétalo corto, flor estaminada pétalo largo, y flores perfectas con pétalo largo.

RESULTADOS

Todos los genotipos presentaron mayor proporción de flores con pétalos cortos que con pétalos largos. Las proporciones de distintos tipos de flores variaron entre genotipos. El genotipo A presentó menor proporción de flores con pétalos largos (43 %) que flores con pétalos cortos (57 %). Este genotipo además presentó todos los tipos de flores a excepción de las pistiladas de pétalos cortos. Sobre el total de flores evaluadas en el genotipo A, el 61% flores fue estaminada y el 24 % perfectas. Los genotipos L y G presentaron flores perfectas y estaminadas de pétalos largos y cortos, y no se observaron flores pistiladas. Estos dos genotipos a su vez se caracterizaron por mayor proporción de flores con pétalos cortos (60-70 %) versus las de pétalos



Fotos: Susana A. Suárez

Figura 2. Distribución porcentual de tipos de flores en cuatro genotipos de coriandro. Genotipos: GSN 2008 (G), Argentino (A), Leisure (L), Verdor (V). Flores: flores perfectas con pétalos cortos (FPC) y largos (FPL), flores estaminadas con pétalos cortos (FEC) y largos (FEL), y flores pistiladas con pétalos cortos (FPiC) y largos (FPiL).

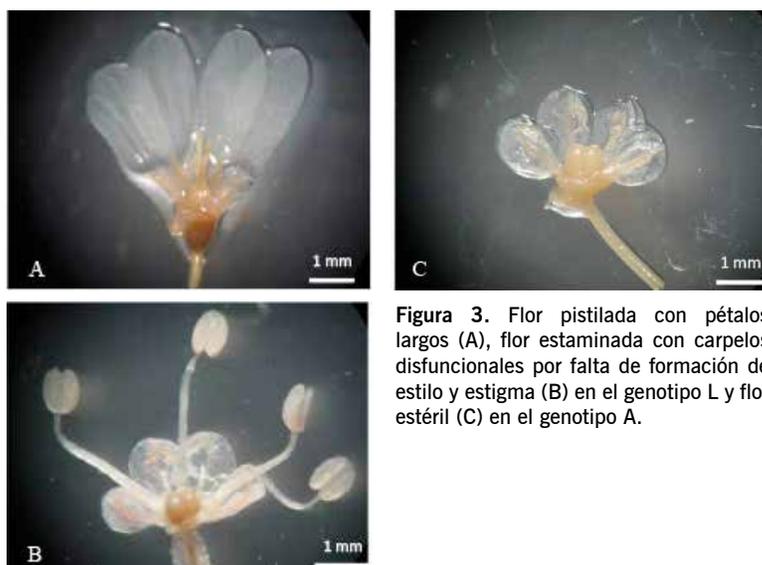


Figura 3. Flor pistilada con pétalos largos (A), flor estaminada con carpelos disfuncionales por falta de formación de estilo y estigma (B) en el genotipo L y flor estéril (C) en el genotipo A.

largos (30-40 %), y mayor proporción de flores estaminadas (63-76%) que perfectas (24-38%). El genotipo V se caracterizó por tener flores perfectas y estaminadas de pétalos cortos, y flores pistiladas de pétalos largos y cortos. La proporción de pétalos cortos fue (59 %) versus pétalos largos (41%) mientras que la proporción de estaminadas fue del 27% y 11 % de las perfectas (Figura 2 A, B, C, D). Se observaron casos aislados de flores anómalas en los genotipos estudiados (Figura 3 B y C).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Estudios previos demostraron la relación entre las comunidades de insectos que visitan las flores de los genotipos L, G y A de coriandro y los compuestos volátiles emitidos por los diferentes genotipos al ambiente (VOCs) (Lenardis *et al.*, 2017). El genotipo A, de ciclo más corto, fue el genotipo visitado en primer lugar y en el que se capturó mayor abundancia de insectos. Mientras que los genotipos L y G con ciclos ontogénicos más largos (Ledesma, 2011; Fernández, 2011) y pa-

recidos entre sí, presentaron comunidades de insectos con una composición faunística similar pero menor abundancia de insectos.

En el presente trabajo, se observó que los genotipos L, G y A que difieren en sus señales químicas también presentan diferencias en cuanto a las características de las flores. El genotipo V no fue caracterizado en estudios previos por sus señales químicas y su asociación con los insectos. Las flores de los genotipos L y G difieren de los genotipos A y V. Los genotipos L y G presentaron los mismos tipos de flores aunque con distinta proporción, y los genotipos A y V presentaron en común flores pistiladas y en mayor proporción que las encontrados en trabajos previos (Abu-Hammour, 2008). Los resultados obtenidos en cuanto a la morfología de las flores y la proporción de estaminadas y perfectas para todos los genotipos son coincidentes con los descritos por Giridhar *et al.* (2016).

La similitud entre L y G y su diferencia con respecto al genotipo A reforzarían la idea de que, además de los compuestos químicos volátiles, la morfología floral

podría contribuir a explicar la asociación con los visitantes florales, lo cual fue considerado ampliamente en la bibliografía pero no demostrado para coriandro.

La diversidad entre genotipos de la misma especie dada por diferencias en el ciclo ontogénico (Ledesma, 2011; Fernández, 2011) y las señales volátiles emitidas (Lenardis *et al.*, 2017), generan variabilidad en la interacción con los in-

sectos. Este trabajo agrega diferencias en las características morfológicas de las flores de los cuatro genotipos de coriandro que podrían explicar también la asociación con las comunidades de insectos. Rotar y combinar distintos genotipos de coriandro que provean diversidad de ciclos, señales volátiles y características florales podría ser una práctica interesante para favorecer la diversidad de la comunidad de insectos.

BIBLIOGRAFÍA

- Abu- Hammour, K. (2008). Pollination of Medicinal Plants (*Nigella sativa* and *Coriandrum sativum*) and *Cucurbita pepo* in Jordan. Institut fur Nutzpflanzenwissenschaften und Ressoucenschutz (INRES), Universität Bonn, Alemania. <http://hss.ulb.uni-bonn.de/2008/1432/1432.htm>.
- Amruthavaii, N. (1978). Sex expression in coriander (*Coriandrum sativum* L.) as affected by growth regulators. *Currrent Science*, 47, 929-930.
- Aryal, R. and Ming, R. (2014). Sex determination in flowering plants: Papaya as a model system. *Plant Science*, 217-218, 56-62.
- Ashman, T. L. (2000). Pollinator selectivity and its implications for the evolution of dioecy and sexual dimorphism. *Ecology*, 81, 2577-2591.
- Ashman, T. L. (2009). Sniffing out patterns of sexual dimorphism in floral scent. *Functional Ecology*, 23, 852-862.
- Bawa, K. S. and Opler, P. A. (1975). Dioecism in tropical trees. *Evolution*, 29, 167-179.
- Beck, C. B. (2014). *An introduction to plant structure and development. Plant anatomy for the twenty-first century.* Cambridge University Press.
- Bendifallah, L.; Louadi, K. and Doumandji, S. (2013). Bee fauna potential visitors of coriander flowers *Coriandrum sativum* L. (Apiaceae) in the Mitidja area (Algeria). *Journal of Apicultural Science*, 57 (2), 59-70.
- Case, A. L. and Barrett, S. C. H. (2004). Floral biology of gender monomorphism and dimorphism in *Wurmbea dioica* (Colchicaceae) in western Australia. *International Journal of Plant Sciences*, 165, 289-301.
- Cornelissen, T. and Stirling, P. (2005). Sex-biased herbivory: a metaanalysis of the effects of gender on plant-herbivore interactions. *Oikos*, 111, 488-500.
- Delph, L. F.; Gehring, J. L.; Arntz, A. M.; Levri, M. and Frey, F. M. (2005). Genetic correlations with floral display lead to sexual dimorphism in the cost of reproduction. *American Naturalist*, 166, 31-41.
- Delph, L. F.; Galloway, D. F. and Stanton, M. L. (1996). Sexual dimorphism in flower size. *American Naturalist*, 148, 299-320.
- Diederichsen, A. (1996). Coriander (*Coriandrum sativum* L.). Promoting the conservation and use of under utilized and neglected crops. 3. Institute of plant genetics and crop plant research, Gatersleben/ International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Fernández, L. (2011). *Caracterización del comportamiento productivo de tres genotipos de coriandro cultivados en dos fechas de siembra en la FAUBA.* Tesis para acceder al grado de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Gil, A.; de la Fuente, E. B.; Lenardis, A.; S. Lorenzo, E. and Marengo, J. (1999). Coriander (*Coriandrum sativum* L.) yield response to plant population. *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants*, 6 (3), 63-73.
- Girdhar, K.; Suryakumari, S.; Sarada, C. and Naidu, L. N. (2016). Crop improvement of coriander (*Coriandrum sativum* L. subsp. *indicum* var. *indicum*.) through crossing. *Journal of Spices and Aromatic Crops*, 25 (1), 1-6.

- Glaettli, M. and Barrett, S. C. H. (2008). Pollinator responses to variation in floral display and flower size in dioecious *Sagittaria latifolia* (Alismataceae). *New Phytologist*, 179, 1193-1201.
- Judd, W. S.; Campbell, C. S.; Kellogg, E. A.; Stevens, P. F. and Donoghue, M. J. (2016). Plant systematic. A phylogenetic approach. Sinauer Assoc, Inc. Massachusetts, USA.
- Koul, A. K.; Hamal, I. A. and Gupta, S. K. (1989). Pollination mechanism in *Coriandrum sativum* Linn. (Apiaceae). Proceedings: *Plant Sciences*, 99 (5), 509-515.
- Ledesma, P. J. 2011. *Dinámica de la acumulación de la materia seca y del contenido hídrico en frutos de Coriandrum sativum L.* Tesis para acceder al grado de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Lenardis, A. E.; Gil, A.; Torretta, J. P.; Ganly, D.; Bouilly, J. P. and de la Fuente, E. B. (2017). Floral visitor assemblages related to coriander genotypes and sowing dates: Relationship with volatile signals NJAS – Wageningen. *Journal of Life Sciences*, 83, 22-29.
- Ne'eman, G. and Kevan, P. G. (2001). The effect of shape parameters on maximal detection distance of model targets by honeybee workers. *Journal of Comparative Physiology*, 187, 653-660.
- Primack, R. B. (1985). Longevity of individual flowers. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 16, 15-37.
- Raven, P. H.; Evert, R. F. and Eichhorn, S. E. (2005). *Biology of plants*. W.H. Freeman and Company Publishers. New York, USA.
- Rua, G. H. 1999. *Inflorescencias. Bases teóricas para su análisis*. Sociedad Argentina de Botánica. Buenos Aires. Argentina.
- Sharma, M. M. and Sharma, R. K. (2012). Coriander. En: K.V PETER (ed.), *Handbook of Herbs and Spices* (Second Edition). CRC Press, USA, 145-161.
- Singh, V. P. and Ramanujam, S. (1973). Expression of andromonecy in *Coriandrum sativum* L. *Euphytica*, 22 (1), 181-188.
- Sitte, P.; Ziegler, H.; Ehrendorfer, F. and Bresinsky, A. (1994). *Strasburger: Tratado de Botánica*. Omega, D.L., Barcelona.
- Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I. M. and Murphy, A. A. (2015). *Plant physiology and development*. Sinauer Associates, Inc. Massachusetts, USA.
- Thomas, S. C. and LaFrankie, J. V. (1993). Sex, size and inter year variation in flowering among dioecious trees of the Malayan rain forest. *Ecology*, 74, 1529-1537.
- Vaughton, G. and Ramsey, M. (1998). Floral display, pollinator visitation and reproductive success in the dioecious perennial herb *Wurmbea dioica* (Liliaceae). *Oecologia*, 115, 93-10.