

# FRAGANCIAS FLORALES DE PLANTAS CHILENAS DEL JARDÍN BOTÁNICO DE LA UNIVERSIDAD DE TALCA QUE ATRAEN INSECTOS

## FLORAL FRAGRANCES OF CHILEAN PLANTS FROM THE BOTANICAL GARDEN OF THE UNIVERSITY OF TALCA THAT ATTRACT INSECTS

### Maria del Pilar Caramantín Soriano

Química. Dr. en Ciencias por la U. Estadual de Campinas, Brasil. Máster en Química Orgánica por la U. Estadual de Campinas, Brasil. Bachiller en Ciencias con mención en Química por la U. Nacional de Ingeniería, Perú. Profesora conferenciante del Instituto de Química de Recursos Naturales, Universidad de Talca. Forma parte del equipo de investigadores del Centro de Plantas Nativas de Chile (CENATIV).

• mcaramantin@utalca.cl

### Flavia Schiappacasse

Ingeniera Agrónoma. Master of Science en Floriculture and Ornamental Horticulture de Cornell University. Ingeniera Agrónoma de la PUC de Chile. Profesora Asociada de la Fac. de Ciencias Agrarias, U. de Talca. Forma parte del equipo de investigadores del Centro de Plantas Nativas de Chile (CENATIV).

• fschiap@utalca.cl

### Cristian Valdés

Bioquímico. Doctor en Ciencias Aplicadas U. de Talca, Chile. Máster en Bioquímica por la U. Andrés Bello, Chile. Lic. en Bioquímica, U. Andrés Bello, Chile. Investigador del Centro de Investigación de Estudios Avanzados del Maule (CIEAM), U. Católica del Maule, Chile.

• cvaldesv@ucm.cl

### Steffen Hahn

Dipl.-Ing. Landeskultur und Umweltschutz, Universität Rostock, Alemania. Jefe de Unidad Jardín Botánico de la Universidad de Talca, Universidad de Talca, Chile. • shahn@utalca.cl

## RESUMEN

El jardín botánico de la Universidad de Talca (JBUTAL) es un espacio verde y abierto a la comunidad de la Región del Maule y alberga alrededor de 1.500 especies vegetales. Entre las especies vegetales se destacan las especies nativas chilenas, que cumplen funciones importantes en el ecosistema. Durante las visitas al JBUTAL, principalmente en las estaciones de primavera y verano, se perciben un conjunto de fragancias provenientes de la flora, así como la visita de insectos. En este ecosistema existe poca información acerca de la relación entre las fragancias emitidas por las especies vegetales y los insectos. En esta investigación se exploraron los perfiles de las fragancias de flores de Quilo (*Muehlenbeckia hastulata* I.M. Johnst), Retamo (*Retanilla ephedra* (Vent.) Brongn), Pichi romero (*Fabiana imbricata* Ruiz & Pav.) y Tevo (*Retanilla trinervia* Gillies & Hook. (Hook. & Arn.) mediante microextracción en fase sólida acoplada a cromatografía de gases-espectrometría de masas (SPME/GC/MS) para conocer su composición química y relacionarlos con visitantes/polinizadores florales. Los resultados mostraron perfiles de fragancias únicas con buena fuente de compuestos orgánicos volátiles (VOCs), que se componen principalmente de hidrocarburos, aldehídos, ácidos carboxílicos, ésteres, alcoholes, éteres, terpenos, entre otros. Se identificaron un total de 67 compuestos volátiles, muchos de ellos corresponden a reconocidos compuestos atrectores de polinizadores. Los resultados de esta investigación muestran la relevancia de la introducción de la flora nativa en un paisaje urbano, no solo aportando belleza escénica sino también atrayendo insectos visitantes/polinizadores (u otros organismos) al ecosistema. Los resultados obtenidos en esta investigación son inéditos y valiosos para el grupo de investigación y la comunidad científica.

## SUMMARY

The botanical garden of University of Talca (JBUTAL) is a green space open to the community of the Maule Region and is home to around 1,500 plant species. Among the plant species, the Chilean native species stand out, which fulfill important functions in the ecosystem. During visits to JBUTAL, mainly in the spring and summer seasons, a set of fragrances from the flora are perceived, as well as the visit of insects. In this ecosystem, there is little information about the relationship between the fragrances emitted by plant species and insects. In this research, flower fragrance profiles from Quilo (*Muehlenbeckia hastulata* I.M. Johnst), Retamo (*Retanilla ephedra* (Vent.) Brongn), Pichi rosemary (*Fabiana imbricata* Ruiz & Pav.) and Tevo (*Retanilla trinervia* Gillies & Hook. (Hook. & Arn.) were explored by solid-phase microextraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry to understand their chemical composition and to relate them to floral visitors/pollinators. The results showed unique fragrance profiles with good source of volatile organic compounds, which are mainly composed of hydrocarbons, aldehydes, carboxylic acids, esters, alcohols, ethers, terpenes, among others. A total of 67 volatile compounds were identified, many of which correspond to recognized pollinator-attracting compounds. The results of this research show the relevance of introducing native flora into an urban landscape, not only providing scenic beauty but also attracting insect visitors/pollinators (or other organisms) to the ecosystem. The results obtained in this research are unprecedented and valuable for the research group and the scientific community.

### [ Palabras claves ]

*Fabiana imbricata*, *Muehlenbeckia hastulata*, *Retanilla ephedra*, *Retanilla trinervia*, aromas de flores

### [ Key Words ]

*Fabiana imbricata*, *Muehlenbeckia hastulata*, *Retanilla ephedra*, *Retanilla trinervia*, flower aromas

Recibido 05-11-22 / Aceptado 20-03-23 / Versión final 09-06-23

## Introducción

Los compuestos orgánicos volátiles (VOCs), emitidos por los órganos de las plantas (hojas, flores y frutos) cumplen múltiples funciones biológicas, incluida la defensa contra depredadores herbívoros y patógenos, la atracción de insectos polinizadores y la dispersión de semillas, mientras que algunos componentes determinan las características aromáticas que se emplean para agregar sabor a los alimentos y juegan un rol importante en la aceptabilidad de los productos por parte de los consumidores (Pichersky y Gershenzon, 2002; Negro et al., 2021). Los aromas florales son el resultado de la percepción de compuestos orgánicos volátiles, y en las flores de 1000 especies con semillas se han encontrado más de 1700 tipos de VOCs florales (Knudsen, Eriksson, Gershenzon y Stahl, 2006).

Los procesos metabólicos que desarrollan las plantas producen una significativa influencia en el clima global y la calidad del aire, a través de la captación del gas del efecto invernadero  $\text{CO}_2$  y emisión de VOCs. Los terpenoides volátiles son la clase principal de VOCs biogénicos, que desempeñan un papel crucial en la química atmosférica y el clima (Baslam et al., 2020; Werner, Fasbender, Romek, Yáñez-Serrano, y Kreuzwieser, 2020).

En Chile existe poca información acerca de los VOCs presentes en flores, a pesar de que esta información es valiosa en interacciones mutualistas y desarrollo de nuevos productos, entre otros. Los pioneros en la investigación de aromas de la flora nativa de Chile son Niemeyer y Teillier (2007), quienes generaron información científica relevante. Sin embargo, en sus estudios de los VOCs de las plantas no consideraron las especies de este estudio. Sebastián et al. (2006) analizaron VOCs en flores de *Chrysanthemum coronarium* mientras que Vergara et al. (2011) estudiaron la relevancia del aroma floral y la exhibición visual de la especie nativa chilena *Oenothera acaulis* (Onagraceae), que florece de noche. Rodríguez-Saona et al. (2011) obtuvieron los perfiles volátiles florales de arándanos en función del estado de polinización, el cultivo, la hora del día y la parte de la flor. Medel et al. (2018) hicieron una revisión de los avances actuales y tareas pendientes en la polinización en el ecosistema de tipo mediterráneo chileno. Aros, Suazo, Medel y Ubeda (2022) realizaron la caracterización química y sensorial de híbridos de *Alstroemeria* aromáticos y no aromáticos.

Tholl, Hossain, Weinhold, Rose, y Wei (2021) realizaron una revisión acerca de las tendencias y aplicaciones en el muestreo y análisis de VOCs en plantas. Ellos describen que las técnicas de muestreo pasivo y dinámico, combinadas con cromatografía de gases (GC) y análisis de espectrometría de masas (SM), se han convertido en herramientas usuales para medir las emisiones de VOCs y determinar sus diversas funciones. Además, muestran los avances en el uso de dispositivos de muestreo pequeño y económico y describen métodos para monitorear las emisiones de VOCs de la planta.

La importancia de la composición química de los olores florales para la polinización es cada vez más apreciada. La comprensión de los patrones estacionales en los VOCs florales puede tener implicaciones importantes para las interacciones entre plantas y polinizadores entre comunidades que difieren en la composición de especies, o a medida que se producen cambios en conjuntos de especies con cofloración debido al cambio climático (Burkle y Runyon, 2019). Actualmente se está estudiando sobre cómo la heterogeneidad espacial y temporal de los polinizadores afecta a la diversidad y distribución de la variación del olor floral. Szenteczki et al. (2021) proponen que, al estudiar simultáneamente la variación espacial y temporal en la selección, se podría mejorar la comprensión de cómo y por qué las plantas con flores mantienen una alta diversidad en rasgos funcionales clave, como el olor floral.

El objetivo de esta investigación fue explorar los perfiles de fragancias de flores de cuatro especies nativas, muy hermosas y comunes en la zona central, que crecen en el Jardín Botánico de la Universidad de Talca (JBUTAL) para conocer su composición química y relacionarlos con visitantes/polinizadores florales en el JBUTAL.

## Materiales y Métodos

### Recolección de las muestras

El JBUTAL (Imagen 1) está localizado cerca de 270 km al sur de Santiago, en el valle central de Chile. Las coordenadas son  $35^{\circ}23'42''$  L.S. -  $71^{\circ}40'42''$  L.W. Este se encuentra entre los 96 y 103 m de altitud, con un clima mediterráneo, una temperatura promedio de  $14,3^{\circ}\text{C}$  y un promedio de lluvia de 676,2 mm, que se



Imagen 1. Jardín Botánico de la Universidad de Talca. / Fuente: <https://www.otalca.cl/vinculacion/jardin-botanico/>



Imagen 2. Flores estudiadas F1 = *Muehlenbeckia hastulata*, F2 = *Retanilla ephedra*, F3 = *Fabiana imbricata*, F4 = *Retanilla trinervia*

registra mayormente en invierno. El jardín cubre 13 ha, en las que se incluyen formaciones vegetales presentes en Chile y en el extranjero (Gómez y Hahn, 2008). Existen 1.500 especies vegetales, algunas de ellas en peligro de extinción.

Se recolectaron flores de Pichi Romero (*Fabiana imbricata* Ruiz & Pav.), Quilo (*Muehlenbeckia hastulata* I.M. Johnst), Retamo (*Retanilla ephedra* (Vent.) Brongn) y Tevo (*Retanilla trinervia*) en el JBUTAL el 22 de septiembre de 2021 al mediodía, para evitar presencia de rocío, y con uso de guantes, para impedir mezcla de aromas.

## Análisis SMPE/GC/MS

Cada muestra fue depositada en viales de extracción de fase sólida (SMPE). Los análisis GC/MS se realizaron en un equipamiento cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas Thermo TSQ DUO.

**SMPE:** Las muestras fueron incubadas por 30 minutos a 60°C con agitación utilizando la fibra DVB/CAR/PDMS.

**GC/MS:** La temperatura del inyector fue de 250°C en modo splitless, utilizando un flujo de He a 1 mL/min. Las temperaturas de columna fueron: 2 minutos a 40°C, después 150°C a 3°C/min y mantenidas 5 minutos; luego 250°C a 20°C/min y mantenidas por 8 minutos. El rango de masas evaluado fue de 20-550 m/z con una temperatura de línea de transferencia de 280°C y 250°C de fuente de ionización. El espectro de masas de los compuestos desconocidos se identificó utilizando el programa de búsqueda de la biblioteca NIST. Los compuestos detectados se identificaron sobre la base de tiempos de retención. El sistema de evaluación de los peaks fue por el algoritmo basado en la biblioteca NIST. El instrumento presentó una alta reproducibilidad y la dispersión fue menor del 2%.

## Resultados y Discusión

### Características de las flores

Las flores estudiadas en esta investigación (Quilo, Retamo, Pichi Romero y Tevo) presentan un tamaño pequeño, de diversas formas, no presentan colores llamativos y son de fragancia delicada (Imagen 3 y 4). A pesar de que los olores de las flores son muy suaves, se observó la presencia de insectos revoloteando a su alrededor. Entre estas cuatro especies, las dos *Retanilla* tuvieron una mayor presencia de insectos al momento de tomar las muestras.



Imagen 3. Flores estudiadas: F1 = *Muehlenbeckia hastulata*, F2 = *Retanilla ephedra*



Imagen 4. Flores estudiadas: F3 = *Fabiana imbricata*, F4 = *Retanilla trinervia*

En Chile, el uso de especies nativas aporta muchos beneficios, entre ellos la identidad cultural. De este modo, el lugar donde se emplazan dichas plantas se distingue de lugares de otros países al tener su propia identidad. Además, la flora nativa atrae insectos y otros polinizadores, como aves silvestres, contribuyendo con un importante rol ecológico. Las 4 especies estudiadas son nativas y de ellas, *M. hastulata* (familia Polygonaceae) es la de más amplia distribución: desde la región de Arica y Parinacota hasta la región de Los Lagos. *F. imbricata* (familia Solanaceae) se distribuye desde la región de Atacama hasta la región de Los Ríos. Ambas también están presentes en Argentina. *R. ephedra* (Familia Rhamnaceae) se distribuye desde la región de Valparaíso hasta la región de la Araucanía, mientras *R. trinervia* (Familia Rhamnaceae) se encuentra desde la región de Coquimbo hasta la región del Maule. Las 4 especies en estudio, por tanto, son de relativamente amplia distribución, frecuentes, además de muy rústicas e incluso colonizadoras.

### Perfiles de Fragancias y Polinización

Los VOCs de cada flor analizados por GC-MS resultaron en perfiles de fragancia únicos y se componen principalmente de hidrocarburos, aldehídos, ácidos carboxílicos, ésteres, alcoholes, éteres, terpenos, entre otros (Imagen 5). Algunos compuestos fueron comunes entre las especies, mientras que otros fueron únicos.

En las flores de Quilo se detectó el menor número de compuestos volátiles (14) mientras que en Pichi romero el mayor (26). En las flores de Tevo se identificaron 20 VOCs, entre tanto en Retamo solo 19. Los VOCs más comunes en las flores de Quilo, Retamo y Tevo fueron nonanal, salicilato de metilo y decanal. Entretanto, en las flores de Retamo y Pichi Romero, fueron: bourboneno, cariofileno, muuroleno,  $\alpha$ -calaroreno,  $\alpha$ -copaeno, 1,5,9,9-tetrametil-1,4,7-cicoundecatrieno, 3,7,11-trimetil-1,3,6,10-Dodecate-traeno y  $\alpha$ -farneseno. Entre Retamo, Pichi romero y Tevo solo el  $\alpha$ -copaeno fue común entre ellos. Estos resultados entregan datos importantes acerca de la composición química de las fragancias de las flores estudiadas (*M. hastulata*, *R. ephedra*, *F. imbricata* y *R. trinervia*), siendo la primera vez que se relata.

A nivel mundial, los polinizadores animales polinizan a más del 80% de las plantas con flores y ayudan a que se reproduzcan, incluido el 75% de todos los cultivos y aproximadamente el 35% de los cultivos alimentarios, siendo las abejas melíferas (Hymenoptera, Apoidea) las polinizadoras más importantes (Bisrat y Jung, 2022). En general, los polinizadores exhiben preferencias por ciertas combinaciones, o mezclas de VOCs y estas preferencias pueden correlacionarse, con patrones de visitas (Junker y Parachnowitsch, 2015; Burkle y Runyon, 2019; Szenteczki et al., 2021). Los resultados de la investigación realizada por Medan y Arce (1999) sobre especies del género *Retanilla* revelaron que el olor suave y agradable de las flores de *R. trinervia* y *R. ephedra*, junto al néctar y polen, atraen a treinta y siete especies de insectos diurnos, diez de los cuales son probables polinizadores: estos incluyen la abeja melífera, ocho especies de abejas solitarias pertenecientes a Anthophoridae (1sp.), Colletidae (3 spp.) y Halictidae (4 spp.) y una mosca Nemestrinidae. Devoto et al. (2009) describieron que *F. imbricata* recibe polinizadores nocturnos mientras que González-Vaquero (2010) relataron que *Halictillus*, abejas poliléticas, como la mayoría de los halictidos, visitan flores de plantas pertenecientes a familias muy distintas, una de ellas son las de la familia Solanaceae, a la cual pertenece *F. imbricata*. Moré et al., (2021) realizaron un estudio de caracterización química del aroma floral en los dos clados del género *Jaborosa* de la familia Solanaceae, que tienen diferentes afinidades geográficas: el "clado Subtropical Lowland" incluye especies que habitan las zonas bajas, y el "clado Andino" incluye especies distribuidas principalmente a lo largo de la cordillera de los Andes y la estepa patagónica de la América del Sur templada. La complejidad química y la diversidad de VOCs variaron notablemente entre los clados de *Jaborosa*. Aromáticos y sesquiterpenos dominaron las mezclas volátiles producidas por las tres especies de *Jaborosa* polinizadas por polillas halcón del clado de tierras bajas subtropicales. En contraste, alifáticos, aromáticos, terpenoides irregulares, monoterpenos, sesquiterpenos, compuestos nitrogenados y sulfurosos estuvieron representados en el aroma floral de las cinco especies de *Jaborosa* (cuatro polinizadas por moscas saprófagas y una con polinización generalizada) muestreadas del clado andino. Jakubská-Busse et al. (2022) investigaron la composición química

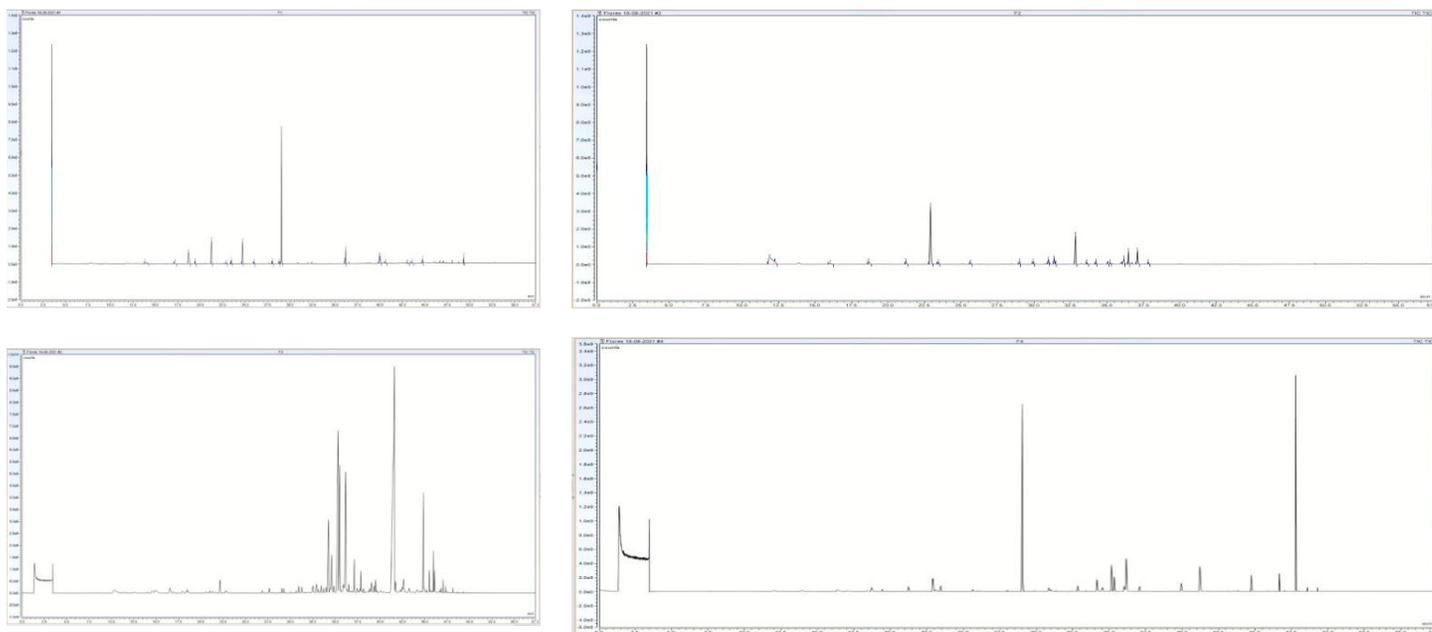


Imagen 5. Perfiles de las fragancias de *M. hastulata* (F1), *R. ephedra* (F2), *F. imbricata* (F3) y *R. trinervia* (F4)

de los VOCs de flores de *Fallopia baldschuanica* de la familia Polygonaceae, misma familia que el Quilo (*M. hastulata*). Así también los grupos de insectos que lo visitan y polinizan en un área urbana de Wrocław, Polonia. Los resultados mostraron que los VOCs principales de las flores de *F. baldschuanica* fueron hidrocarburos y terpenos; además de aldehídos, alcohol y ésteres. Entre los principales componentes del aroma floral de *F. baldschuanica* están  $\beta$ -ocimeno, heptanal, nonanal,  $\alpha$ -pineno, 3-tujeno y las feromonas de alarma,  $\beta$ -farneseno y limoneno. El olor intenso de las flores atrae la visita tanto de Hymenoptera (*Apis* sp., *Vespa* sp.) como Diptera (Syrphidae, Calliphoridae, Muscidae).

Existen amplias evidencias que respaldan la idea de que los benzenoides, como el benzoato de metilo y el salicilato de metilo, sirven como atrayentes importantes para los polinizadores, particularmente las polillas, que buscan y visitan las flores por la noche (Yue et al., 2021). Bisrat y Jung (2022) hicieron una revisión amplia acerca de las funciones del aroma floral en las mediaciones abeja-flor; donde se describe que los aromas florales de muchas especies con flores están dominados por terpenoides (*trans*- $\beta$ -ocimeno, linalool, (*E,E*)-farnesol, (*Z*)-citral, ácido geránico, geranil, nerol, ácido nerólico, limoneno,  $\beta$ -pineno,  $\alpha$ -farneseno, eucaliptol, entre otros), benzenoides (benzaldehído, alcohol bencílico, 2-fenil etanol, salicilato de metilo, *p*-anisaldehído, acetato de bencilo, eugenol, vainillina, 1,4-dimetobenceno, anetol, acetofenona, fenilacetaldehído, otros), derivados de ácidos graso volátiles (1-octanol, 2-tridecanone, ácido heptanoico, (6*Z*, 9*Z*)-heptadecadieno, (8*Z*)-heptadeceno, nonanal, 6, 10, 14-trimetil-2-pentadecanona, acetato de cis-3-hexenil, entre otros) y compuestos pertenecientes a ciclohexanona, lactona, compuestos que contienen N y espiroacetales (escatol, diacetin, espiroacetales, entre otros) que se sabe que atraen a las abejas.

Con base en los resultados obtenidos y la información de la literatura descrita arriba, podemos plantear que la composición química de la fragancia floral de cada una de las especies estudiadas atraerá a visitantes/polinizadores al Jardín Botánico de la Universidad de Talca. Se está investigando para conocer más acerca del mutualismo entre estas especies nativas y los insectos visitantes/polinizadores.

El conocimiento de las funciones de los VOCs de las plantas en el ambiente aéreo ha llevado a la exploración de funciones similares en el suelo y la rizosfera. Asimismo, los patrones de VOCs han sido reconocidos como marcadores sensibles y dependientes del tiempo de estrés biótico y abiótico (Tholl et al., 2021). Los VOCs son económicamente importantes para la calidad, el rendimiento de los cultivos, así como para la calidad en las industrias de perfumes, cosméticos, alimentos, bebidas y farmacéutica (Mostafa, Wang, Zeng, y Jin, 2022).

## Conclusiones

La amplia distribución y rusticidad de las 4 especies en estudio las hace aptas para su establecimiento exitoso en diferentes situaciones de paisaje.

Las flores de las 4 especies nativas presentaron perfiles de fragancia únicas con buena fuente de VOCs. A través del análisis de SMPE/GC/MS se identificaron un total de 67 compuestos volátiles. Este es un estudio inédito sobre la identificación de volátiles en las flores seleccionadas. Los datos obtenidos son preliminares y se pretende seguir en la investigación para refinar la informa-

ción, cuantificar los VOCs propuestos, conocer más acerca de la relación mutualista entre planta insecto, entre otros.

Las fragancias de las flores estudiadas contienen terpenoides volátiles, por lo tanto, estas especies nativas podrían desempeñar un papel crucial en la química atmosférica y el clima del ecosistema.

## Referencias Bibliográficas

- Aros, D., Suazo, M., Medel, M., y Ubeda, C. (2022). Chemical and Sensorial Characterization of Scented and Non-Scented *Alstroemeria* Hybrids. *Horticulturae*, 8, 65. doi: 10.3390/horticulturae8010065
- Baslam, A., Mitsui, T., Hodges, M., Priesack, E., Herritt, M.T., Aranjuelo, I., y Sanz-Sáez, A. (2020). Photosynthesis in a Changing Global Climate: Scaling Up and Scaling Down in Crops. *Frontiers in Plant Science*, 11, 882. doi: 10.3389/fpls.2020.00882
- Bisrat, D. y Jung, C. (2022). Roles of flower scent in bee-flower mediations: a review. *Journal of Ecology and Environment*, 46(03), 1-13. doi: 10.5141/jee.21.00075
- Burkle, L. y Runyon. (2019). Floral volatiles structure plant-pollinator interactions in a diverse community across the growing season. *Functional Ecology*, 33, 2116-2129. doi: 10.1111/1365-2435.13424
- Devoto, M., Medan, D., Roig-Alsina, A. y Montaldo, N.H. (2009). Patterns of species turnover in plant-pollinator communities along a precipitation gradient in Patagonia (Argentina). *Austral Ecology*, 34, 848-857. doi: 10.1111/j.1442-9993.2009.01987.x
- González-Vaquero, R.A. (2010). Revisión sistemática del género *Halictillus* (Hymenoptera: Halictidae: Augochlorini) en la Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica de Argentina*, 69 (1-2), 65-89.
- Jakubska-Busse, A., Dziadas, M., Gruss, I., y Kobyłka, M.J. (2022). Floral Volatile Organic Compounds and a List of Pollinators of *Fallopia baldschuanica* (Polygonaceae). *Insects*, 13, 904. doi: 10.3390/insects13100904
- Junker, R.R. y Parachnowitsch, A.L. (2015). Working towards a holistic view on flower traits – how floral scents mediate plant-animal interactions in concert with other floral characters. *Journal of the Indian Institute of Science*, 95, 43-67.
- Knudsen, J.T., Eriksson, R., Gershenzon, J., y Stahl, B. (2006). Diversity and distribution of floral scent. *The Botanical Review*, 72(1), 1-120.
- Medan, D. y Arce, M.E. (1999). Reproductive biology of the Andean-disjunct genus *Retanilla* (Rhamnaceae). *Plant Systematics and Evolution*, 218, 281-298.
- Medel, R., González-Browne, C. y Fontúrbel, F.E. (2018). Pollination in the Chilean Mediterranean-type ecosystem: a review of current advances and pending tasks. *Plant Biology*, 20(1), 89-99. doi: 10.1111/plb.12644
- Moré, M., Soteras, F., Ibañez, A.C., Dötterl, S., Cocucci, A.A., y Raguso, R.A. (2021). Floral Scent Evolution in the Genus *Jaborosa* (Solanaceae): Influence of Ecological and Environmental Factors. *Plants*, 10, 1512. doi: 10.3390/plants10081512
- Mostafa, S., Wang, Y., Zeng, W., y Jin, B. (2022). Floral Scents and Fruit Aromas: Functions, Compositions, Biosynthesis, and Regulation. *Frontiers in Plant Science*, 13, 860157. doi: 10.3389/fpls.2022.860157
- Niemeyer, H.M. y Teillier, S. (2007). Aromas de la flora nativa de Chile. Productora Gráfica Andros Ltda.

- Negro, C., Dimita, R., Samar Min Allah, Miceli, A., Luvisi, A., Blando, F., De Bellis, L., y Accogli, R. (2021). Phytochemicals and Volatiles in Developing *Pelargonium* 'Endsleigh' Flowers. *Horticulturae*, 7, 419. doi: 10.3390/horticulturae7110419
- Pichersky, E. y Gershenzon, J. (2002). The formation and function of plant volatiles: Perfumes for pollinator attraction and defense. *Current Opinion in Plant Biology*, 5, 237–243.
- Rodríguez-Saona, C., Parra, L., Quiroz, A., e Isaacs, R. (2011). Variation in highbush blueberry floral volatile profiles as a function of pollination status, cultivar, time of day and flower part: implications for flower visitation by bees. *Annals of Botany*, 107(8), 1377-1390. doi: 10.1093/aob/mcr077
- Sebastián, B., Urzúa, A.M., y Vines, M. (2006). Analysis of surface and volatile compounds of flower heads of introduced plants of *Chrysanthemum coronarium* L. growing wild in Chile. *Flavour and Fragrance Journal*, 21, 783–785.
- Szenteczki, M.A., Godschalx, A.L., Galmán, A., Espíndola, A., Gibernau, M., Alvarez, N., y Rasmann, S. (2021). Spatial and temporal heterogeneity in pollinator communities maintains within-species floral odour variation. *Oikos*, 130, 1487–1499. doi: 10.1111/oik.08445
- Tholl, D., Hossain, O., Weinhold, A., Rose, U.S.R., y Wei, Q. (2021). Trends and applications in plant volatile sampling and analysis. *The Plant Journal*, 106, 314-325. doi: 10.1111/tpj.15176
- Vergara, R.C., Torres-Araneda, A., Villagra, D.A., Raguso, R.A., Arroyo, M.T.K., y Villagra, C.A. (2011). Are eavesdroppers multimodal? Sensory exploitation of floral signals by a non-native cockroach *Blatta orientalis*. *Current Zoology*, 57(2), 162-174. doi: 10.1093/czoolo/57.2.162
- Werner, C., Fasbender, L., Romek, K.M., Yáñez-Serrano, A.M., y Kreuzwieser, J. (2020). Heat Waves Change Plant Carbon Allocation Among Primary and Secondary Metabolism Altering CO<sub>2</sub> Assimilation, Respiration, and VOC Emission. *Frontiers in Plant Science*, 11, 1242. doi: 10.3389/fpls.2020.01242
- Yue, Y., Wang, L., Yu, R., Chen, F., He, J., Li, X., Yu, Y., y Fan, Y. (2021). Coordinated and High-Level Expression of Biosynthetic Pathway Genes Is Responsible for the Production of a Major Floral Scent Compound Methyl Benzoate in *Hedychium coronarium*. *Frontiers in Plant Science*, 12, 650582. doi: 10.3389/fpls.2021.650582