Héctor Alejandro Bahamonde
Universidad Nacional de La Plata y Corteva Agriscience[1,2]
Victoria Fernández
Universidad Politécnica de Madrid[3]

Las plantas y sus pelos

Las plantas están cubiertas por diminutos pelos llamados tricomas, estructuras que pueden parecer insignificantes, pero que cumplen funciones esenciales en la naturaleza y la agricultura. Desde defenderse de insectos y plagas hasta atraer polinizadores, regular la temperatura y hasta absorber agua, estos pelos son verdaderas herramientas de adaptación. En cultivos como el tomate, algodón y olivo, los tricomas pueden reducir la necesidad de pesticidas, mejorar la resistencia al estrés térmico y facilitar la absorción de agua y nutrientes. Incluso en ambientes extremos, algunas plantas han desarrollado tricomas que capturan agua de la niebla o reflejan la radiación solar para evitar el sobrecalentamiento. Hoy, la ciencia investiga cómo aprovechar estas microestructuras para hacer los cultivos más resistentes y sostenibles.

Palabras clave:
Tricomas | Agricultura | Sostenibilidad | Cambio climático.

Si observamos con detenimiento las hojas, tallos o frutos de muchas plantas, notaremos que no siempre tienen una superficie lisa. En realidad, muchas especies están cubiertas por diminutos pelos llamados tricomas, estructuras especializadas que cumplen diversas funciones esenciales para la supervivencia de las plantas. Aunque pueden pasar desapercibidos a simple vista, estos pequeños pelos juegan un papel crucial en la adaptación al entorno de las plantas y desempeñan funciones variadas. Estos tricomas pueden ser glandulares (que acumulan y secretan sustancias químicas) o no glandulares. Los diferentes tipos de tricomas glandulares se establecen según las sustancias que excretan, acumulan o absorben, mientras que los no glandulares presentan una gran variabilidad de acuerdo con su tamaño, morfología y función (Johnson, 1975). En la Figura 1 (página siguiente) se muestran los tricomas de las tomateras (A), apreciándose pelos de diferentes tamaño, densidad y morfología en el haz (B) frente al envés (C) de las hojas.

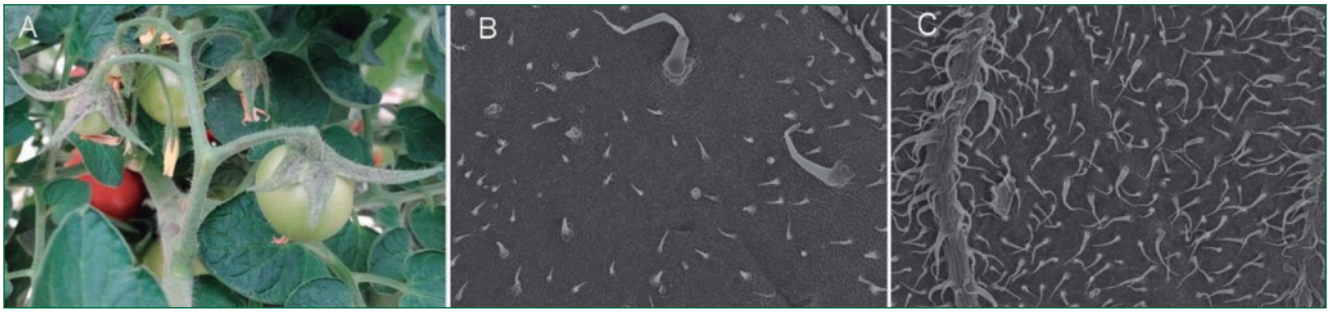
Aunque las primeras descripciones científicas de estos pelos en las plantas se remontan al siglo XVII, los avances en microscopía electrónica, genética y biología molecular obtenidos en las últimas décadas, han permitido un conocimiento mucho más profundo sobre estas microestructuras y su relevancia para la interacción de las plantas con el ambiente. En la agricultura, los tricomas tienen una gran importancia, ya que están presentes en cultivos de gran relevancia tales como el tomate, el maíz, el algodón, la albahaca, el olivo o el tabaco, entre otros.

Hoy en día, el estudio de los tricomas sigue siendo un campo de interés tanto en la botánica como para la agricultura. Por ejemplo, se investiga cómo modificar estas estructuras para desarrollar cultivos más resistentes al cambio climático, reducir la dependencia de pesticidas y mejorar la producción de compuestos de interés comercial, como aceites esenciales y fármacos derivados de plantas.

Los tricomas y su importancia para las plantas

El estudio de los tricomas es un ejemplo de cómo la observación minuciosa de la naturaleza puede llevar a descubrimientos con impacto en la ciencia, la medicina o la producción de alimentos. A continuación, se presentarán diversos ejemplos de la importancia que tienen los tricomas en las plan-

Figura 1



La planta de tomate tiene tricomas en diferentes órganos (A). El haz de las hojas tiene menores densidades de diferentes tipos de pelos (B) frente al envés (C). Las micrografías B y C se han tomado con un microscópico electrónico de barrido.

tas, con énfasis en cultivos agrícolas. Se ha comprobado que los pelos contribuyen a:

a) **Proteger contra herbívoros:** Actúan como una barrera física o química, dificultando el acceso de insectos y otros depredadores.

En un estudio desarrollado en México (Martínez, 2021) se analizó cómo los tricomas del toloache (*Datura wrightii*), una planta conocida por sus propiedades tóxicas, afectaron la supervivencia y el desarrollo del escarabajo *Lema daturaphila*, un insecto especializado en alimentarse de sus hojas. En la investigación se encontró que los tricomas glandulares y estrellados de la planta actuaron como una doble barrera defensiva. Los tricomas glandulares secretan sustancias pegajosas y tóxicas que dificultan el movimiento del escarabajo e incluso pueden afectar su desarrollo. Por otro lado, los tricomas estrellados, que no secretan sustancias, crean una barrera física que impide que los insectos alcancen la superficie de la hoja con facilidad. Como resultado, la presencia de estos pelos reduce significativamente la herbivoría y protege a la toloache del daño que estos insectos podrían causar.

En otra investigación (García-Sánchez *et al.*, 2023) se estudió cómo la presencia y densidad de tricomas en las hojas del tomate (*Solanum lycopersicum*) y sus parientes silvestres afectan la resistencia a la polilla del tomate (*Tuta absoluta*), una de las plagas más dañinas para este cultivo. Se encontró que los tricomas, especialmente los tricomas glandulares, desempeñan un papel clave en la defensa contra este insecto. Estos pelos especializados producen y secretan compuestos pegajosos y tóxicos que dificultan el desplazamiento y la alimentación de las larvas de la polilla, reduciendo su capacidad de dañar la planta. Además, se observó que las especies de tomate silvestre, que poseen una mayor densidad de tricomas, son más resistentes a la plaga en comparación con las variedades comerciales, las cuales han perdido parte de esta característica debido a la domesticación. Este estudio resalta la importancia de los tricomas como una defensa natural en las plantas cultivadas y sugiere que, a través de la mejora genética, es posible recuperar o potenciar esta característica.

b) **Atraer polinizadores:** En algunas especies, los tricomas glandulares pueden liberar sustancias aromáticas para atraer insectos beneficiosos.

En ciertas especies de plantas con flores trampa, como *Aristolochia esperanzae*, una especie que se distribuye entre el norte de Argentina y el Mato grosso de Brasil, se ha observado que los tricomas resbaladizos en el interior de las flores facilitan la captura temporal de polinizadores (Matallana-Puerto *et al.*, 2024). Estos tricomas dificultan la salida de los insectos, aumentando el tiempo de contacto con las estructuras reproductivas de la flor y, por ende, la eficacia de la polinización. Un estudio reciente demostró que la presencia de estos tricomas incrementa la retención de polinizadores, lo que a su vez mejora la remoción de polen y la producción de frutos.

En otro estudio (Pansarin y Maciel, 2017) se investigó la biología de la polinización de *Cyanaeorchis arundinae*, una orquídea originaria de Brasil. Los resultados muestran que esta orquídea produce tricomas comestibles ricos en almidón y gotas de aceite que luego se convierten en recompensa para los polinizadores.

En una investigación realizada en Italia (Giuliani *et al.*, 2020) se estudió cómo las plantas pueden combinar herramientas físicas y químicas para interactuar con otros organismos, centrándose en la atracción de polinizadores. En este estudio realizado con dos especies de Salvia originarias de México se encontró que los tricomas de estas especies produjeron compuestos que han sido asociados con la atracción de abejas y abejorros en otros trabajos.

c) **Regular la temperatura y proteger contra la radiación:** Los pelos reflejan la radiación solar o acumulan sustancias que evitan o disminuyen el daño en la planta.

En un estudio (Tattini *et al*, 2000) se investigó cómo las plantas de *Phillyrea latifolia* (Labiérnago de hoja ancha), una especie mediterránea de la familia Oleaceae, se adaptan a la exposición a la radiación solar excesiva. Los autores encontraron que cuando estas plantas están expuestas a altos niveles de radiación solar sus tricomas glandulares secretan altas concentraciones de flavonoides, sugiriendo que la síntesis de flavonoides en los tricomas es activada por la luz y que estos compuestos pueden desempeñar un papel en la protección contra el daño por radiación UV (ultravioleta). En este estudio también se plantea que los tricomas pueden ayudar a reducir la absorción de luz, disminuyendo el calentamiento

de la hoja y protegiendo las células del daño fotooxidativo.

Una investigación realizada en Grecia analizó el papel protector de los tricomas (pelos foliares) en las hojas de olivo (*Olea europaea*) contra la radiación UV-B (ultravioleta B) (Karabourniotis, Kyparissis y Manetas, 1993). En dicho estudio los resultados encontrados sugirieron que los tricomas protegen los tejidos subyacentes contra el daño causado por la radiación UV-B. Su ausencia hace que las hojas sean más vulnerables, afectando su estructura y reduciendo su capacidad fotosintética.

En una revisión de artículos científicos (Kakani *et al.*, 2003) que incluyeron estudios realizados entre 1975 y 2002 sobre el rol de los tricomas de cultivos agrícolas frente a factores de estrés relacionados con la radiación, destacaron los siguientes hallazgos:

- **Cebada** (*Hordeum vulgare*)**.** Se observó que las hojas con una mayor densidad de tricomas reflejaban más radiación UV-B, reduciendo la penetración en los tejidos internos. Asimismo, en experimentos con distintas intensidades de UV-B, las plantas con superficies foliares más pubescentes (con más pelos) mostraron menos daño en comparación con variedades sin pelos.
- **Algodón** (*Gossypium hirsutum*). Se registró un aumento del 200% en la producción de tricomas en hojas expuestas a radiación UV-B elevada. Este incremento en estructuras protectoras ayudó a reducir la pérdida de agua y la penetración de la radiación UV en los tejidos fotosintéticos.
- **Soja** (*Glycine max*). Algunas variedades de soja con una mayor cantidad de tricomas presentaron menores niveles de daño UV-B en la fotosíntesis y menor pérdida de clorofila. Se sugiere que los tricomas actúan como una barrera física, disminuyendo la radiación que llega a las capas más internas de la hoja.
- **Trigo** (*Triticum aestivum*). En estudios comparativos de genotipos, las variedades con mayor densidad de tricomas reflejaban más radiación UV-B y mostraban menor reducción en biomasa y rendimiento bajo exposición prolongada a UV-B. Se encontró variabilidad genética en la cantidad de tricomas, lo que sugiere que esta característica podría usarse en programas de mejoramiento genético para la tolerancia al estrés por radiación.
- **Girasol** (*Helianthus annuus*). Se observó un incremento en la densidad de tricomas bajo radiación UV-B intensa, lo que ayudó a reducir el daño en los tejidos fotosintéticos. Los tricomas glandulares también podrían estar involucrados en la producción de compuestos antioxidantes que protegen contra el estrés oxidativo inducido por la radiación.

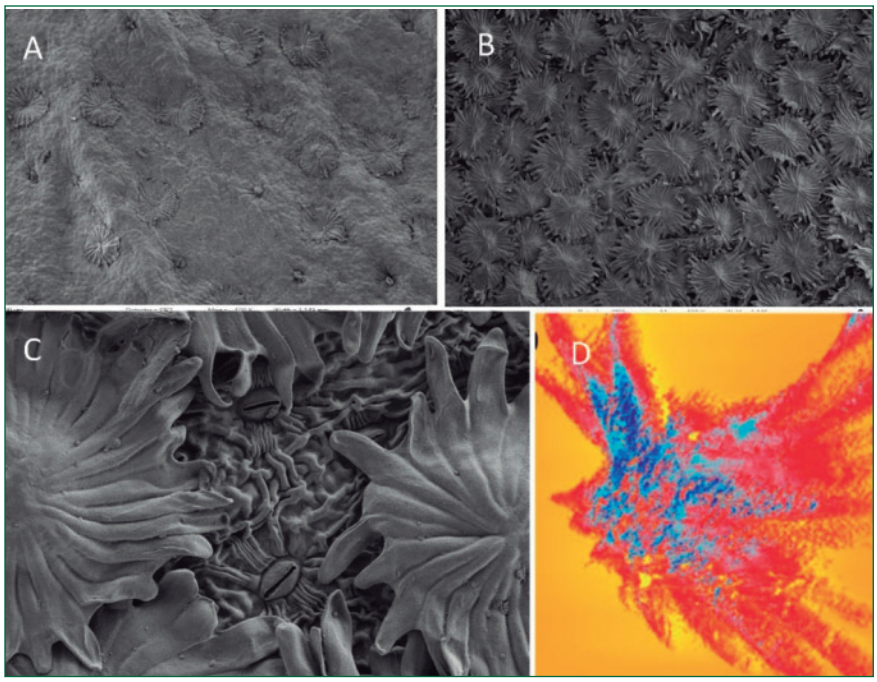
Es posible que los tricomas contribuyan a una mayor eficiencia en el uso del agua en cultivos tales como el olivo, que están adaptados a crecer en climas áridos. Además, cabe la posibilidad de que los pelos jueguen un papel en cuanto a la absorción de fertilizantes y agroquímicos aplicados como aspersiones foliares. Asimismo, puede que sea interesante realizar estudios para variar la densidad de pelos de las hojas como estrategia para mejorar la tolerancia al estrés de las plantas, pero todos estos aspectos deberán ser analizados en detalle en investigaciones futuras

En estudios relacionados con la respuesta al estrés térmico (Wang *et al.*, 2021; Abro *et al.*, 2022) se ha encontrado que los tricomas pueden actuar de diferentes maneras para disminuir o evitar tales daños.

En ambientes fríos, algunos estudios han mostrado que la exposición a heladas puede aumentar la densidad de tricomas glandulares en especies como el abedul (*Betula pendula*), lo que sugiere una adaptación estructural a las bajas temperaturas y una mayor tolerancia a la congelación. En el género *Solanum* (tomates, patatas, etc.), la densidad de tricomas es afectada por el fotoperiodo y la temperatura. Se ha observado que, bajo días largos y temperaturas altas, la densidad de tricomas aumenta, mientras que disminuye a temperaturas más bajas.

Cuando se midió el daño celular de 58 variedades de algodón (*Gossypium hirsutum*) bajo condiciones de estrés térmico, se encontró que 17 variedades eran altamente tolerantes al calor. Mediante microscopía electrónica de barrido, se determinó que las variedades más tolerantes al calor presentaban tricomas más grandes y en mayor densidad en la su-

Figura 2



Haz (A) y envés (B, C) de una hoja de olivo Arbequina, observados con un microscopio electrónico de barrido. En el haz de las hojas jóvenes hay algunos tricomas que se van cayendo con la edad (A). El envés está totalmente cubierto de varias capas de tricomas (B) que protegen los estomas (C). Los tricomas tienen zonas hidrofílicas (áreas azules) y son químicamente heterogéneos (D, imagen de microscopía de fuerza atómica).

perficie de la hoja. Esto sugiere que los tricomas pueden actuar como una barrera física, reduciendo la absorción de calor y disminuyendo el consumo de agua para su refrigeración.

d) **Contribuir a la detoxificación de metales:** Se han identificado distintas especies cuyos tricomas pueden acumular metales pesados. Los tricomas pueden retener metales como Zn, Cu, Mn, Cd, Ni y Pb, funcionando como sitios de almacenamiento y detoxificación (Li *et al.*, 2023). Se ha determinado que algunos tricomas atrapan metales en su base, aislándolos del resto de la hoja. Se ha descrito que especies agrícolas como *Helianthus annuus* (girasol) pueden acumular Zn y Mn en sus tricomas mientras que *Nicotiana tabacum* (tabaco) podría acumular Cd.

e) **Reducir la pérdida de agua y ser una posible vía de absorción de agua**: Al formar una capa sobre la epidermis, disminuyen la transpiración y protegen contra la deshidratación, así como también se ha sugerido su capacidad para absorber agua. Diferentes estudios indican que los tricomas desempeñan un papel fundamental en la absorción foliar de agua en diversas especies vegetales, permitiendo la supervivencia en condiciones de escasez hídrica o alta humedad ambiental. Esta adaptación sería clave en epífitas (plantas que viven sobre otras plantas), plantas xerófitas (de ambientes secos) y especies de bosques templados y manglares.

Se ha publicado que distintas plantas epífitas tropicales dependen de la absorción foliar debido a su falta de acceso al agua del suelo (Benzing *et al.*, 1976). Para ello, poseen tricomas peltados (con forma de sombrilla, similares a los de la hoja de olivo) grandes y multicelulares, los cuales capturan y retienen agua mediante capilaridad. De forma similar, las plantas de ambientes áridos (xerófitas) han desarrollado tricomas especializados en recolectar agua del rocío y la niebla.

También especies de bosques templados y mediterráneos como *Fagus sylvatica* (haya europea), que presentan tricomas que absorben agua (Schreel *et al.*, 2020), y *Quercus ilex* (encina), que posee tricomas estrellados que incrementan la adhesión del agua a la hoja y posiblemente contribuyen a la absorción (Fernández *et al.*, 2014), han sido descritos en la literatura.

Se describen también plantas de manglares y ambientes salinos como *Avicennia marina* (mangle negro), que cuenta con tricomas glandulares especializados en captar agua de la niebla y el rocío para sobrevivir en suelos salinos (dos Santos Garcia *et al.*, 2022).

En plantas de girasol se ha identificado que los tricomas no glandulares tienen una función en la absorción y translocación de agua y nutrientes tales como el zinc, aplicados foliarmente (Li *et al.*, 2023).

La función de los tricomas en el olivo

A continuación, se presenta un resumen de un estudio (Fernández *et al.*, 2024) pormenorizado realizado en España, en el que se analizan las propiedades químicas y estructurales de las hojas de olivo (*Olea europaea*), con especial énfasis en la función de los tricomas peltados presentes en la superficie de sus hojas. En dicho estudio se investiga cómo estas estructuras afectan la mojabilidad de la superficie foliar, la interacción con el agua y su posible rol en la protección contra la radiación UV-B y la retención de agua atmosférica.

Para caracterizar la estructura, composición química y comportamiento con el agua de las hojas de olivo se utilizaron diversas técnicas avanzadas como microscopía electrónica de barrido y transmisión, microscopía de fuerza atómica (AFM) y mediciones de ángulos de contacto, además de otras técnicas (Figura 2).

Entre los principales resultados encontrados en esta investigación se destacan los siguientes:

- *Distribución y estructura de los tricomas en las hojas de olivo*

  La superficie del haz de las hojas tiene una baja densidad de tricomas, con solo 21 tricomas/mm² en hojas jóvenes. Con la edad, algunos tricomas desaparecen o quedan cubiertos por ceras epicuticulares (Figura 2 A). En cambio, el envés de las hojas está densamente cubierta de tricomas peltados que protegen los es-

tomas, con una frecuencia de 106 tricomas/mm², formando hasta tres capas superpuestas (Figuras 2 B, C).

- *Efecto de los pelos en la mojabilidad y retención de agua*

  Tanto el haz como el envés de las hojas de olivo son mojables por el agua, aunque presentan diferencias en cuanto a la adhesión de gotas. De hecho, la superficie inferior retiene más las gotas agua debido a la mayor presencia de tricomas. En términos generales el agua se adhiere bastante a las hojas, lo que sugiere una posible función en la retención de agua depositada sobre las hojas como lluvia, rocío o niebla, por ejemplo.

- *Heterogeneidad química a nano-escala de las hojas de olivo*

  La microscopia de fuerza atómica Figura 2D) reveló que los tricomas presentan zonas hidrofóbicas (que tienen mala interacción con el agua) e hidrofílicas (afines al agua) en su superficie, lo cual puede facilitar la retención y absorción de agua depositada sobre las hojas de olivo.

- *Función de los tricomas en la protección UV-B y la regulación hídrica*

  Estudios previos han demostrado que los tricomas de olivo acumulan compuestos que absorben la radiación UV-B, protegiendo los tejidos subyacentes del daño solar (Karabourniotis, Kyparissis y Manetas, 1993). Aunque no se encontró evidencia de que los tricomas reduzcan la pérdida de agua por transpiración, los resultados obtenidos sugieren que pueden capturar agua de la atmósfera, ayudando a la hidratación de las hojas en condiciones de sequía. Por lo tanto, es posible que los tricomas contribuyan a una mayor eficiencia en el uso del agua en cultivos tales como el olivo, que están adaptados a crecer en climas áridos. Además, cabe la posibilidad de que los pelos jueguen un papel en cuanto a la absorción de fertilizantes y agroquímicos aplicados como aspersiones foliares. Asimismo, puede que sea interesante realizar estudios para variar la densidad de pelos de las hojas como estrategia para mejorar la tolerancia al estrés de las plantas, pero todos estos aspectos deberán ser analizados en detalle en investigaciones futuras. ■

▼ *Notas*

[1] Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Diagonal 113 Nº 469, 1900, La Plata, Argentina.
[2] Corteva Agriscience, IFS Department, Polígono Industrial Cabezo Cortado, Av. Jesús Martínez Cortado, 51, 30100 Murcia.
[3] Departamento de Sistemas y Recursos Naturales, ETSI de Montes, Forestal y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid.

▼ *Referencias bibliográficas*

ABRO, S., RIZWAN, M., DEHO, Z. A., ABRO, S. A., SIAL, M. A. (2022). Identification of heat tolerant cotton lines showing genetic variation in cell membrane thermostability, stomata, and trichome size and its effect on yield and fiber quality traits. *Frontiers in Plant Science*, 12, 804315. Doi: https://doi.org/10.3389/fpls.2021.804315

BENZING, D.H., HENDERSON, K., KESSEL, B., SULAK, J. (1976). The absorptive capacities of bromeliad trichomes. *American Journal of Botany*, 63, 1009-1014. Doi: https://doi.org/10.2307/2441760

DOS SANTOS GARCIA, J., BOANARES, D., FRANÇA, M. G. C., LÓPEZ-PORTILLO, J. (2022). Foliar water uptake in eight mangrove species: implications of morpho-anatomical traits. *Flora*, 293, 152100. Doi: https://doi.org/10.1016/j.flora.2022.152100

FERNÁNDEZ, V., ALMONTE, L., BAHAMONDE, H. A., GALINDO-BERNABEU, A., SAENZ-ARCE, G., COLCHERO, J. (2024). Chemical and structural heterogeneity of olive leaves and their trichomes. *Communications Biology*, 7(1), 352. Doi: https://doi.org/10.1038/s42003-024-06053-4

FERNÁNDEZ, V., SANCHO-KNAPIK, D., GUZMÁN, P., PEGUERO-PINA, J.J., GIL, L., KARABOURNIOTIS, G., KHAYET, M., FASSEAS, C., HEREDIA-GUERRERO, J.A., HEREDIA, A., GIL-PELEGRIN, E. (2014). Wettability, polarity and water absorption of Quercus ilex leaves: effect of leaf side and age. *Plant Physiology*, 166, 168-180. Doi: https://doi.org/10.1104/pp.114.242040

GARCÍA-SÁNCHEZ, A. N., CERNA CHÁVEZ, E., BELTRÁN BEACHE, M., OCHOA FUENTES, Y. M., DELGADO ORTIZ, J. C. (2023). Effect of antibiosis, antixenosis and natural variation of trichomes of wild and commercial tomato species on the development of *Bactericera cockerelli*. *Scientia Agropecuaria*, 14(4), 501-509. Doi: https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.041

GIULIANI, C., GIOVANETTI, M., LUPI, D., MESIANO, M. P., BARILLI, R., ASCRIZZI, R., FLAMINI, G., FICO, G. (2020). Tools to tie: flower characteristics, VOC emission profile, and glandular trichomes of Two Mexican Salvia Species to Attract Bees. *Plants*, 9(12), 1645. Doi: https://doi.org/10.3390/plants9121645

JOHNSON, H.B. (1975). Plant pubescence: an ecological perspective. *Botanical Review* 41, 233-258. Doi: https://doi.org/10.1007/BF02860838

KAKANI, V. G., REDDY, K. R., ZHAO, D., SAILAJA, K. (2003). Field crop responses to ultraviolet-B radiation: a review. *Agricultural and Forest Meteorology*, 120(1-4), 191-218. Doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2003.08.015

KARABOURNIOTIS, G., KYPARISSIS, A., MANETAS, Y. (1993). Leaf hairs of *Olea europaea* protect underlying tissues against ultraviolet-B radiation damage. *Environmental and Experimental Botany*, 33(3), 341-345. Doi: https://doi.org/10.1016/0098-8472(93)90035-E

LI, C., MO, Y., WANG, N., XING, L., QU, Y., CHEN, Y., YUAN, Z., ALI, A., QI, J., FERNÁNDEZ, V., WANG, Y., KOPITTKE, P. M. (2023). The overlooked functions of trichomes: Water absorption and metal detoxication. *Plant, Cell and Environment*, 46(3), 669-687. Doi: https://doi.org/10.1111/pce.14530

MARTÍNEZ, G. V. (2021). Efecto de los tricomas glandulares y estelados de Datura wrightii (Solanaceae) en la supervivencia y desarrollo del escarabajo especialista Lema daturaphila (Chrysomelidae: Coleoptera). Tesis de Maestria, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/3624

MATALLANA PUERTO, C. A., BRITO, V. L., KUSTER, V. C., OLIVEIRA, P. E., CARDOSO, J. C. (2024). Sex, flies and flower trap: Trapping trichomes and their function in pollination. *Functional Ecology*, 38(10), 2261-2270. https://doi.org/10.1111/1365-2435.14633

PANSARIN, E.R. Y MACIEL, A.A. (2017). Evolution of pollination systems involving edible trichomes in orchids. *AoB PLANTS* 9, plx033. Doi: https://doi.org/10.1093/aobpla/plx033

SCHREEL, J. D., LEROUX, O., GOOSSENS, W., BRODERSEN, C., RUBINSTEIN, A., STEPPE, K. (2020). Identifying the pathways for foliar water uptake in beech (Fagus sylvatica L.): a major role for trichomes. *The Plant Journal*, 103(2), 769-780. Doi: https://doi.org/10.1111/tpj.14770

TATTINI, M., GRAVANO, E., PINELLI, P., MULINACCI, N., ROMANI, A. (2000). Flavonoids accumulate in leaves and glandular trichomes of *Phillyrea latifolia* exposed to excess solar radiation. *The New Phytologist*, 148(1), 69-77. Doi: https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2000.00743.x

WANG, X., SHEN, C., MENG, P., TAN, G., & LV, L. (2021). Analysis and review of trichomes in plants. *BMC plant biology*, 21, 1-11. Doi: https://doi.org/10.1186/s12870-021-02840-x