

¿Que son los Elicitores?: su uso en la agricultura^φ

Ana Patricia Jiménez-Martínez, José Carmen Soto-Correa*,
Víctor Hugo Cambrón-Sandoval, Aurora Mariana Alvarado

Introducción

Las plantas pueden generar moléculas que les permiten combatir las alteraciones funcionales ocasionadas por estrés (Cuellar-Espejel *et al.* 2024). Esta respuesta metabólica es aprovechada por los agricultores en sistemas de producción sostenible para hacer frente a plagas y enfermedades, y así tener sistemas de producción agrícolas con menos productos agroquímicos, mejor inocuidad y cultivos más resilientes ¿Cómo puede activarse el sistema de defensa en las plantas?

El estrés activa mecanismos de defensa en las plantas, con la producción de moléculas (elicitores) y responde al estrés minimizando los daños y conservando sus recursos (Atkinson y Urwin 2012). El concepto tradicional de elicitores se refería a la síntesis de compuestos antimicrobianos que combaten agentes patógenos (fitoalexinas). Sin embargo, esta definición se ha extendido para cualquier tipo de molécula que pueda activar los mecanismos de defensa de la planta contra patógenos (Dzhavakhiya y Shcherbakova 2016).

Los elicitores son sustancias inorgánicas y orgánicas que en las plantas activan respuestas defensivas y acumulan tejidos de reservas (Guevara-González *et al.* 2020). Algunos elicitores son los oligosacáridos, liposacáridos y glicoproteínas, y también pueden ser algún tipo moléculas sintéticas o algún tipo de la interacción de una plaga que ocasiona daño físico (Maffei *et al.* 2012). Los elicitores son reprogramadores de expresión de genes que expresan metabolitos secundarios (Mejía-Teniente *et al.* 2013). El objetivo de este trabajo es describir el concepto de elicitores, sus tipos, importancia, mecanismos de acción y ejemplos del éxito en la producción agrícola.

^φ ¹Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Av. de las Ciencias s/n, Juriquilla, Querétaro, Querétaro, México. *Autor de correspondencia: jocasoco@uaq.mx
DOI: <http://doi.org/10.56369/BAC.5943>



Importancia y clasificación

Los elicitores reducen la aplicación de grandes cantidades de plaguicidas lo que disminuye las consecuencias ambientales y de salud (Cuellar-Espejel *et al.* 2024, Wolansky 2011). También, los elicitores son una alternativa para el ahorro de agua, mitigar el estrés climático en las plantas, control de plagas, control de enfermedades, producir alimentos libres de plaguicidas e incrementar metabolitos secundarios de importancia farmacéutica (González-Chavira *et al.* 2018). Un ejemplo es la aplicación del hongo *Trichoderma spp.* en cultivos de cebollas que libera al menos tres tipos de elicitores y promueve un 51% de mayor velocidad de crecimiento en 4 días (Sánchez *et al.* 2015).

Los elicitores se clasifican por Origen (endógeno o exógeno) y Naturaleza (biótica o abiótica) (Fig. 1) (Baenas *et al.* 2014, Maffei *et al.* 2012, Thakur y Sohal 2013). Por Origen están los elicitores endógenos que se producen dentro de la planta al detectar el peligro. Pueden ser las hormonas, como ácido jasmónico, el jasmonato de metilo, el etileno o el ácido salicílico (Maffei *et al.* 2012). Elicitores exógenos: aparecen por la herbívora como respuesta al daño físico de la mordedura y la liberación de sustancias orales producidas en la saliva. Por Naturaleza están los elicitores bióticos que son compuestos, como el quitosano o extractos de levaduras o compuestos orgánicos volátiles, fitohormonas, ATP extracelular y ADN (Baenas *et al.* 2014, Thakur y Sohal 2013) (Fig. 2). Los elicitores abióticos que pueden ser de origen químico; como iones metálicos, sales minerales, gases, nanoestructuras, o de origen físico como la temperatura, radiación, ozono, estrés hídrico y ondas acústicas (Guevara-González *et al.* 2020).

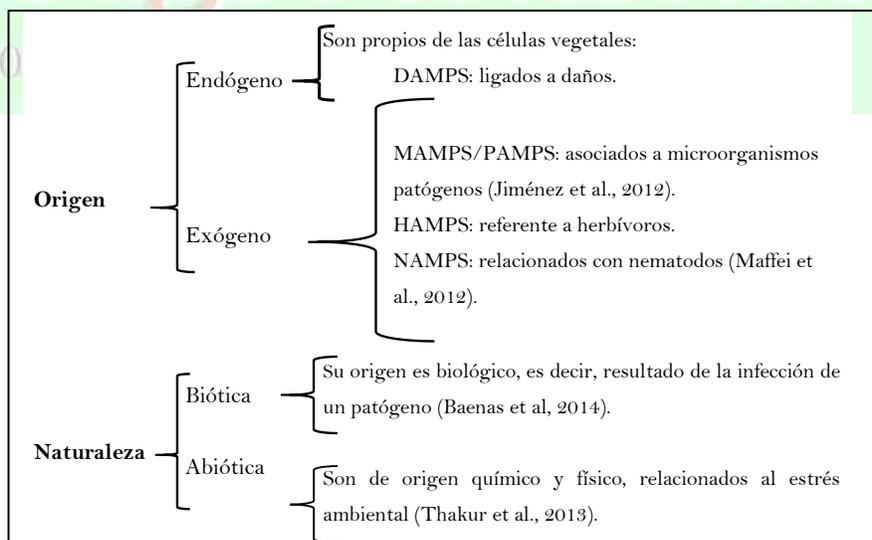


Figura 1. Clasificación de elicitores según su origen y naturaleza. Patrones moleculares asociados a microorganismos ligados a Daños (**DAMPs**), Patrones moleculares asociados a microorganismos patógenos (**MAMPs/PAMPs**), Patrones moleculares asociados a hervíboros (**HAMPs**), Patrones moleculares asociados con nematodos (**NAMPs**).

“Los elicitores son sustancias inorgánicas y orgánicas que en las plantas activan respuestas defensivas y acumulan tejidos de reservas”.

Mecanismo de acción de los elicitores

En la asociación planta-microorganismos se estimula la inmunidad y se producen moléculas benéficas para la planta, moléculas derivadas de microorganismos patógenos y moléculas derivadas por daños de herbivoría. Otras moléculas, como oligogalacturonidos y lipopolisacáridos, son reconocidas por receptores de reconocimiento como son los patrones transmembranales de las células vegetales (Wiesel *et al.* 2014).

Los mecanismos de acción a nivel molecular se activan por vía de transducción de señales lo que provoca: 1) alteraciones en pared celular, 2) expresión y la acumulación de proteínas relacionadas a la patogenicidad (PR por sus siglas en inglés), y 3) producción de moléculas reactivas a oxígeno (ERO por sus siglas en inglés) que se forman fuera de la membrana plasmática en el apoplasto. La activación de las moléculas reactivas al oxígeno conduce a una respuesta hipersensible (RH por sus siglas en inglés) en la planta, lo que representa una muerte celular en el sitio de infección y limita la expansión del patógeno (Thakur y Sohal 2013). Otro proceso es la estimulación de las vías de síntesis de ácido salicílico, ácido jasmónico y del ácido abscísico (Wiesel *et al.* 2014). Cuando las plantas son atacadas por patógenos, éstas generan resistencia a infecciones o lo que se conoce como resistencia sistémica adquirida (SAR por sus siglas en inglés) (Meena *et al.* 2022) (Fig. 2).

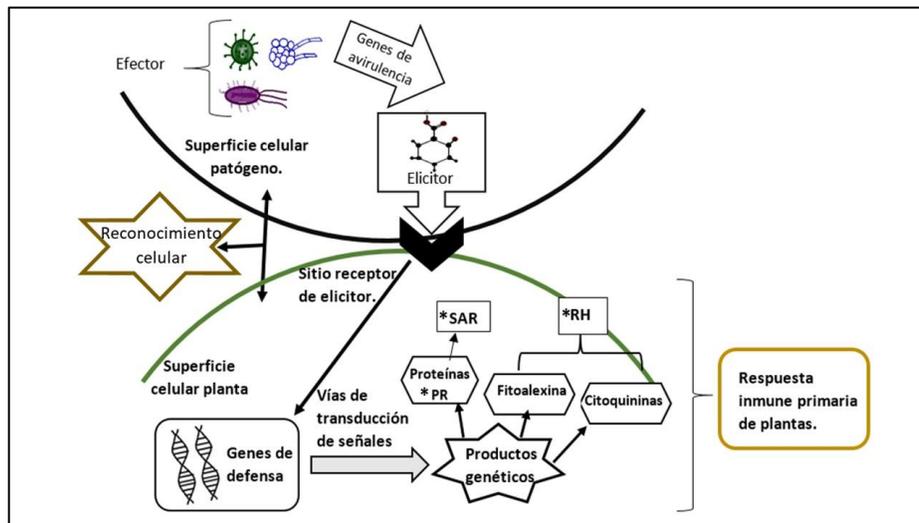


Figura 2. Mecanismo de acción de elicitores en plantas. *SAR= *Resistencia Sistémica Adquirida*, *RH= *Respuesta Hipersensible*, *PR= *Proteínas relacionadas a la patogenicidad*. (Elaborado por Jiménez-Martínez A, con base en Thakur y Sohal 2013:4 y Wiesel *et al.* 2014:4).

El proceso de elicitación tiene lugar cuando el efector (*e.g.*, un hongo, bacteria, insecto o algún factor ambiental) y la planta están en contacto. En la práctica agrícola se realizan aplicaciones directas de ácido salicílico, quitosano, ácido abscísico, salicilatos y rayos uv, que simulan condiciones estresantes (Baenas *et al.* 2014). Los elicitors reconocen un sitio receptor de la pared celular de la planta provocando cambios fisiológicos e inician la transducción de vías de señalización y la activación de ERO (Thakur y Sohal 2013).

La acumulación de ERO produce muerte celular en la zona local de infección que es la respuesta hipersensible (RH). Además, puede tener una función de toxicidad sobre patógenos y fungir como señalizador para expresar genes que producen entrecruzamiento de proteínas y que fortalecen la pared celular (Fig. 2). Las ERO pueden desencadenar cambios en la transcripción para ejecutar programas genéticos adecuados (Benezer-Benezer *et al.* 2008). Otro mecanismo de elicitación es la inducción de expresión de genes asociados a la síntesis de metabolitos secundarios de defensa contra patógenos o daños en plantas (Mejía-Teniente *et al.* 2013).

El éxito de los elicitors en la agricultura

La efectividad de los elicitors depende de factores como su cantidad, tipo, forma de aplicación, el tiempo de exposición y la fenología de la planta (Mejía-Teniente *et al.* 2013). Por ejemplo, la exposición de la planta ante al hongo *Trichoderma* spp. libera varios tipos de elicitors de tipo proteico, como TasSwo (swollenin), endopoligalacturonasa (ThPG1), la alamecticina (ALA), peptaiboles y una proteína rica en cisteína (Sm1) (Contreras-Cornejo *et al.* 2014). Estos elicitors inducen la producción de metabolitos inhibidores de crecimiento de patógenos y promueven el crecimiento de las plantas (Sánchez *et al.* 2015). *Trichoderma koningiopsis* y *T. atroviride* inhiben la mitad de los patógenos en el cultivo con una alta germinación de plántulas (61%) y una mayor colonización de las raíces de cebolla (Sánchez *et al.* 2015).

“La efectividad de los elicitors depende de factores como su cantidad, tipo, forma de aplicación, el tiempo de exposición y la fenología de la planta.”

El hongo *Fusarium* sp., devastador en cultivos de tomate, provoca marchitez vascular. Estos cultivos enfermos al tratarse con elicitors de origen natural promueven un aumento de la resistencia a la enfermedad y son promotores de una mayor altura y biomasa (Ascencio-Álvarez *et al.* 2008). En cultivos hipotónicos de tomate en invernaderos de Colón, Querétaro, México, se han aplicado elicitors sintéticos y se ha registrado un mayor crecimiento de las raíces secundarias (Fig. 3). Por otro lado, la aplicación de elicitors como el ácido jasmónico, el quitosano, o los salicilatos en cultivos en condiciones de estrés, aumentan la producción de

compuestos fenólicos y destacan el sabor y color frutas, verduras y especias (Baenas *et al.* 2014).

La aplicación de elicitors combinados, como el ácido jasmónico (JA), peróxido de hidrógeno (HP), y quitosano (CH), tienen un efecto positivo al aumentar compuestos carotenoides y fitoalexinas en cultivos de zanahoria, frijol y papa (García-Mier *et al.* 2015). Por otro lado, se han aplicado elicitors de origen biótico como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) en raíces de tomate promoviendo la absorción del potasio y por consiguiente mayor contenido de potasio en el fruto del tomate (Ordookhani *et al.* 2010).



Figura 3. Cultivo hidropónico de tomate en invernadero con aplicación de elicitor biológico a base de algas. (Foto de Jiménez-Martínez AP).

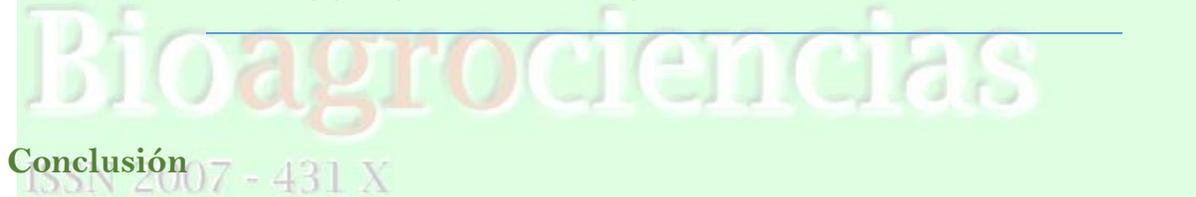
En cultivo de *Stevia rebaudiana*, los elicitors como el peróxido de hidrógeno y quitosano incrementaron los niveles de rebaudiosido y ácidos fenólicos (clorogénico, caféico y ferúlico) (González-Chavira *et al.* 2018). El uso de elicitors como el metil jasmonato (MeJ), benzotiadiazol (BTH) y metil jasmonato + benzotiadiazol (MeJ + BTH) incrementaron concentraciones compuestos fenólicos, como las antocianinas en cultivos de uvas (Paladines-Quezada *et al.* 2019). En cultivos de cebolla el uso de elicitors disminuyeron en un 50% los patógenos, una alta germinación (61%) y una mayor presencia de las raíces (Sánchez *et al.* 2015).

Horticultura ambiental y los elicitores

La horticultura, que se basa en cultivo intensivo de hortalizas, plantas frutales y plantas ornamentales. Estos tipos de cultivos intensivos utiliza fertilizantes químicos y plaguicidas para control de plagas y enfermedades; sin embargo, los fertilizantes y plaguicidas causan enfermedades en los trabajadores agrícolas como salpullidos en la piel, cáncer, convulsiones y problemas congénitos (Wolansky 2011).

Los elicitores pueden ser parte de la solución a los problemas ambientales causados por fertilizantes y plaguicidas en la producción hortícola. Es muy importante dar difusión sobre temas de elicitores para control de plagas, enfermedades y resistencia al estrés en plantas. Además, es muy recomendable promover investigaciones científicas que permitan ampliar la visión y posibilidades que se tienen en la agricultura con el manejo de elicitores. Por otra parte, es indispensable la capacitación de profesionistas para el uso y aplicación de elicitores a favor de la problemática entre la horticultura-ambiente y con conocimientos alternativos como son los elicitores.

“Los elicitores pueden ser parte de la solución a los problemas ambientales causados por fertilizantes y plaguicidas en la producción hortícola.”



Conclusión

Los elicitores son compuestos de diferentes orígenes (endógenos, exógenos o bióticos y abióticos) que activan las defensas de las plantas en respuesta a factores estresantes, como el ataque de plagas, enfermedades y resistencia a la sequía. Además, los elicitores son promotores de mejor crecimiento en la planta y potencializan el color y el sabor de algunas frutas y verduras.

Referencias

- Ascencio-Álvarez A, López-Benítez A, Borrego-Escalante F, Rodríguez-Herrera SA, Flores-Olivas A, Jiménez-Díaz F y Gámez-Vázquez AJ. 2008. Marchitez vascular del tomate: I. presencia de razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen en Culiacán, Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 26(2): 114-120.
- Atkinson NJ y Urwin PE. 2012. The interaction of the plant biotic and abiotic stresses: from genes to the field. *Journal Experimental Botanic* 63(10): 3523-3543.
- Baenas N, García-Viguera CD y Moreno A. 2014. Elicitation: a tool for enriching the bioactive composition of foods. *Molecules* 19(9): 13541-13563.

- Benezer-Benezer M, Castro-Mercado E y García-Pineda E. 2008. La producción de especies reactivas de oxígeno durante la expresión de la resistencia a enfermedades en plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología* 26(1): 56-61.
- Contreras-Cornejo HA, Macías-Rodríguez L, López-Bucio JS y López-Bucio J. 2014. Enhanced plant immunity using *Trichoderma*. *Biotechnology and Biology of Trichoderma* Chapter 36: 495-504.
- Cuellar-Espejel M del S, Quiñones-Aguilar EE, Hernández-Gutiérrez R, Mateo-Díaz JC, Valerio-Landa SD y Rincón-Enríquez G. 2024. Elictores para mejorar la producción vegetal: Vacunas vegetales. *Enfoques transdisciplinarios: Ciencia y sociedad* 2(2):1-14.
- Dzhavakhiya VG y Shcherbakova LA. 2016. Editorial: Control of plant pathogens by biogenic elicitors and possible mechanisms of action. *Frontiers Plant Science* 7: 1-2.
- García-Mier L, Jiménez-García SN, Guevara-González RG, Feregrino-Perez AA, Contreras-Medina LM, Torres-Pacheco I. 2015. Elicitor mixtures significantly increase bioactive compounds, antioxidant activity, and quality parameters in sweet bell pepper. *Journal of Chemistry* 2015:1-8.
- González-Chavira M, Estefanía-Ojeda S, Pons-Hernández J, R. Guevara-González R y Guzmán-Maldonado S. 2018. Cambios en el contenido de compuestos fenólicos, esteviosidos y nivel de metilación en *Stevia rebaudiana* elicitada. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9(7): 1435-1446.
- Guevara-González RG, Villagómez-Aranda AL, Ferrusquía-Jiménez NI y Reséndiz-Martínez M. 2020. Elictores en la agricultura. Bases teóricas y algunas aplicaciones. Universidad Almería. 56 pp.
- Maffei ME, Arimura G y Mithöfer A. 2012. Natural elicitors, effectors and modulators of plant responses. *Natural Product Reports* 29(11): 1288-1303.
- Mejía-Teniente L, Duran-Flores F, Chapa-Oliver AM, Torres-Pacheco I, Cruz-Hernández A, González-Chavira MM, Ocampo-Velázquez RV y Guevara-González RG. 2013. Oxidative and molecular responses in *Capsicum annuum* L. after hydrogen peroxide, salicylic acid and chitosan foliar applications. *International Journal of Molecular Sciences* 14(5): 10178-10196.
- Meena M, Yadav G, Sonigra P, Nagda A, Mehta T, Swapnil P, Harish y Marwal A. 2022. Role of elicitors to initiate the induction of systemic resistance in plants to biotic stress. *Plant Stress* 5:1-11.
- Ordookhani K, Khavazi K, Moezzi A y Rejali F. 2010. Influence of PGPR and AMF on antioxidant activity, lycopene and potassium contents in tomato. *African Journal of Agricultural Research* 5(10):1108-1116.
- Paladines-Quezada DF, Moreno-Olivares JD, Fernández-Fernández JI, Bleda-Sánchez JA, Martínez-Moreno A y Gil-Muñoz R. 2019. Elicitors and pre-fermentative cold maceration: effects on polyphenol concentration in Monastrell grapes and wines. *Biomolecules* (11): 1-20.
- Sánchez AD, Barrera V, Reybet GE, y Sosa MC. 2015. Biocontrol con *Trichoderma spp.* de *Fusarium oxysporum* causal del “mal de almácigos” en pre y post emergencia en cebolla. *Revista de la Facultad de Agronomía* 114(1): 61-70.

- Thakur M y Sohal BS. 2013. Role of Elicitors in Inducing Resistance in Plants against Pathogen Infection: A Review. *Biochemistry*: 1-10.
- Wiesel L, Newton AC, Elliott I, Booty D, Gilroy EM, Birch PR y Hein I. 2014. Molecular effects of resistance elicitors from biological origin and their potential for crop protection. *Frontiers in Plant Science* 5: 1-13.
- Wolansky MJ. 2011. Plaguicidas y salud humana. *Revista Ciencia Hoy* 21(122): 23-29.

Jiménez-Martínez AP, Soto-Correa JC, Cambrón-Sandoval VH, Alvarado MA. 2025. ¿Que son los Elicitores?: su uso en la agricultura. *Bioagrocencias* 18 (1): 8-15.
DOI: <http://doi.org/10.56369/BAC.5943>

