

Etileno en la fisiología del género *Solanum L.*: una revisión sistemática entre los años 2018-2022

Ethylene in the physiology of the genus *Solanum L.*
A systematic review between 2018-2022

Diego Alexander Sandoval Meza¹, Mary Lee Berdugo-Lattke² y Diana Milena Orjuela³

Resumen

El etileno es una molécula orgánica que participa en el desarrollo de la planta como una hormona, este es precursor de algunas fitohormonas e interviene en el proceso de tuberización; el cual consiste en el desarrollo de tubérculos, es decir, tallos engrosados como reserva de nutrientes. En esta investigación se realizó una revisión sistemática narrativa desde el año 2018 a 2022, con el objetivo de sintetizar un marco teórico sobre la ruta metabólica del etileno y su efecto en los procesos de tuberización, con énfasis en el género *Solanum L.*

Se emplearon tres motores de búsqueda: Google Académico, Scopus y SpringerLink, utilizando ecuaciones en inglés, español y portugués. Se seleccionaron 30 artículos de un total de 100, y la información se organizó en tablas y gráficos para la síntesis. Como resultado relevante se encontró una correlación significativa entre las fitohormonas y el etileno durante la tuberización, sin destacar en procesos más específicos dentro de estas rutas o moléculas. Se encontró que el etileno cumple y tiene diversas funciones en la tuberización, desde el proceso de latencia hasta la maduración de la planta; esta molécula cumple papeles inhibitorios y reguladores, según sea el caso puede promover la activación de otras fitohormonas; dos de los compuestos más importantes son el ácido abscísico (ABA) y auxinas, este último es indirectamente proporcional en la tuberización.

Créditos

Autores

¹ Estudiante de séptimo semestre, programa de Biología, Semillero TYGUA, Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Universidad Central.
dsandovalm2@ucentral.edu.co

² Doctora en Ciencias-Biología. Docente del programa de Biología, Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Semillero Tygua. Universidad Central.
mberdugol@ucentral.edu.co

³ Ph. D. Ciencias – Biología (UNAL). Profesora de tiempo completo del programa de Biología, Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Universidad Central.
dorjuelac3@ucentral.edu.co

Cómo citar:

Sandoval, D., Berdugo-Lattke, M. & Orjuela, D. (2023). Etileno en la fisiología del género *Solanum L.* Una revisión sistemática entre los años 2018-2022. *Ingeciencia*, 8, 5-17.

Palabras clave: etileno, tuberización, Solanaceae, *Solanum* y fitohormonas.

Abstract

Ethylene is an organic molecule that participates in plant development, is a precursor of some phytohormones and intervenes in the tuberization process, which consists in the development of tubers, thickened stems as a nutrient reserve. In this research, a narrative systematic review was conducted from 2018 to 2022, to synthesize a theoretical framework on the metabolic pathway of ethylene and its effect on tuberization processes, focused on the genus *Solanum L.*

Three search engines were used: Academic Google, Scopus and SpringerLink, with two equations in English, Spanish and Portuguese. Thirty articles were selected from a total of 100, and the information was organized in tables and graphs for synthesis. A significant relationship was found between phytohormones and ethylene in tuberization, without highlighting more specific processes within these pathways or molecules.

Keywords: Ethylene, Tuberization, Solanaceae, *Solanum* & Phytohormones.

1. Introducción

La familia Solanaceae es uno de los grupos más diversos de las angiospermas, posee entre 90 y 100 géneros con 2500 especies descritas, y está catalogada como cosmopolita por su amplia distribución geográfica (Cuevas, 2018). Su distribución comprende desde el nivel del mar hasta los 3000 m s. n. m., gran parte de su diversidad se encuentra en el neotrópico, su principal carácter morfológico distintivo es el tipo de flor y el fruto (Cabral, 2010). El género más representativo de las solanáceas es *Solanum L.*, con plantas herbáceas o arbóreas, se estima que el número de especies alcanzan las 950, su principal característica es el fruto en forma de baya; este género se diversifica en el neotrópico con especies de importancia económica como la papa (*Solanum tuberosum L.*) y el tomate (*Solanum lycopersicum L.*) (Granados-Tochoy & Orozco-P., 2005), entre otras.

La papa es uno de los tubérculos más consumidos, ocupa el cuarto lugar en el sistema de alimentación mundial por su importancia e impacto en el consumidor (Sánchez & Baracaldo, 2019). En Colombia es ampliamente cultivada y consumida. La oferta-demanda provoca un aumento del precio en varias zonas del país. Algunos problemas asociados al cultivo son causados por diferentes patógenos, como la polilla

guatemalteca que afecta principalmente el tubérculo (Rodríguez-Pérez, 2010; Moya, 2012; Guatusmal & Males, 2018).

La producción agrícola de la papa puede estar amenazada por el cambio climático, esto impulsa la creación de estrategias para la mitigación, ya sean físicas o moleculares, puesto que es proporcional con su demanda, por ejemplo, para el 2021 en Colombia aumentó el 8 % de su producción (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2021). Por esta razón, comprender la función reguladora de las fitohormonas es relevante para futuras mejoras en los cultivos en un escenario de calentamiento global. En este estudio se hace énfasis en la fitohormona etileno, que está en el proceso de maduración y floración de las plantas (van de Poel *et al.*, 2012). Su síntesis se realiza en el ciclo de Yang (Houben & van de Poel, 2019) e interviene en la señalización y función de otras hormonas; en el caso de la formación de tubérculos, regula el almacenamiento de carbohidratos y la síntesis del ácido abscísico (ABA) (Jordán & Casaretto, 2006).

El objetivo de esta investigación fue establecer un marco teórico sobre la relación del etileno y el proceso de tuberización de la familia *Solanaceae*, con énfasis en el género *Solanum L.* Asimismo se analizó el papel del etileno con cada una de las etapas del proceso de tuberización y su influencia sobre otras hormonas, especialmente en el ámbito fisiológico.

2. Cuerpo del trabajo

2.1 Metodología

2.1.1 Fase de revisión bibliográfica

Según la metodología de Guirao-Goris *et al.* (2008), se incluyeron palabras claves sobre la ruta de etileno, funciones fisiológicas, Solanaceae y *Solanum*; con estas se plantearon dos ecuaciones de búsqueda en inglés, español y portugués. Seguidamente se usaron los motores de búsqueda Google Académico, SpringerLink y Scopus, junto con el filtro temporal de 2018-2022 (tabla 1).

Tabla 1. Ecuaciones de búsqueda que se emplearon para la síntesis de datos bibliográficos en los tres motores ya establecidos

N.º	Ecuación	Motor de búsqueda
1	("tuber initiation" AND "ethylene") and Solanaceae ("tuberización y etileno") y Solanaceae	Google Académico, Scopus y SpringerLink
2	"effects of ethylene" AND "stored potato tubers" "Efectos del etileno" AND "tubérculos de patata almacenados"	Google Académico, Scopus y SpringerLink
3	"Efeitos do etileno" E "tubérculos de batata armazenados" ("tuberização e etileno") e solanaceae	Google Académico, Scopus y SpringerLink

Fuente: elaboración propia.

2.1.2 Fase de síntesis y análisis de la información

Se usaron cuatro criterios para la selección de recursos: año, tipo de documento, pertinencia y tema de interés (fisiología, molecular y genético) (tabla 2). Con estos criterios, se recuperaron 67 recursos bibliográficos con la ecuación 1, y 23 con la ecuación 2; todos los resultados fueron en inglés. Después se descartaron los duplicados y los artículos que incluyeran datos anteriores al 2018; con los recursos restantes se hizo un análisis descriptivo bibliométrico. Es necesario aclarar que solo se tuvieron en cuenta recursos disponibles legalmente en las bases de datos, dado que algunas plataformas no tienen acceso gratis a los recursos. Por lo tanto, se incluyeron aquellos recursos que son de libre acceso o tenían acceso con el uso de las credenciales de la Universidad Central.

Tabla 2. Modelo de tabla para recopilar y seleccionar los recursos obtenidos en la revisión bibliográfica

N. ^o	Título	Autores	Año	Tipo de documento	Tema	Pertinente sí/no
1	Modulation of JA signalling reveals the influence of St-JAZ1-like on tuber initiation and tuber bulking in potato	Begum, S., Jing, S., Yu, L., Sun, X., Wang, E., Kawochar, M., Qin, J., Liu, J. & Song, B.	2021	Artículo	Molecular Fisiológico Genético	Sí

Fuente: elaboración propia.

Se incluyeron 30 artículos para elaborar la revisión, después se realizó la síntesis sobre el tema del etileno y la tuberización (etapas), con el fin de elaborar mapas conceptuales donde se incluyeron otras rutas metabólicas. Se aclara que los recursos seleccionados se enfocaron en *Solanum L.*

3. Resultados

Según la estrategia utilizada, la mayoría de los documentos se encuentran en inglés, solo se reportaron cuatro recursos en portugués y ninguno en español. El motor de búsqueda que mejor funcionó por la cantidad de recursos fue Google Académico, sin embargo la mayoría de los artículos no estaban relacionados con el tema de interés. El filtro temporal permitió optimizar el tiempo de revisión al dejar recursos con el tema de interés: se obtuvieron 102 recursos y después de la depuración quedaron 94 recursos.

En la figura 1 se observan mayores resultados con la ecuación 1 y en el año 2021 se registró la mayor cantidad de artículos para ambas ecuaciones. Por otro lado, la clasificación por tema muestra una mayor cantidad de recursos enfocados en la fisiología (58,8 %), seguida por el área molecular (25,3 %) y finalmente en genética (15 %) (figura 2a). Según estos recursos, los estudios sobre el etileno están enfocados en la fisiología y el proceso de tuberización. Por lo general, los estudios describen el efecto del etileno sobre la tuberización; en términos moleculares, se estudia la señalización y la producción de fitohormonas; y en el aspecto genético, se ha analizado la

producción de enzimas encargadas en la síntesis o señalización de las fitohormonas en la tuberización.

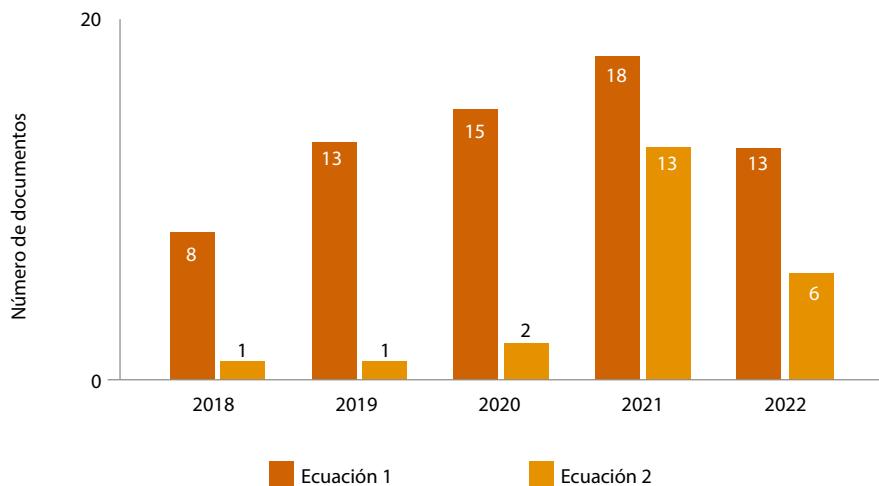


Figura 1. Recursos reportados según las ecuaciones usadas y el año de publicación
Fuente: elaboración propia.

La mayoría de los recursos fueron artículos científicos (37,7 %), seguido por libros (26,1 %), tesis (20,3 %) y revisiones (15,9 %) (figura 2b). Esta tendencia muestra una necesidad para aumentar las publicaciones de tesis en formato de artículo para darles un mayor alcance, dado que los repositorios tienen restricciones sobre el acceso y solo han pasado un filtro de evaluación institucional. Se considera el sesgo sobre el acceso libre a otros recursos que requieren el pago por suscripción, con costos elevados por las tasas de cambio en países como Colombia. Finalmente, en la figura 3 se observa que solo el 30 % de los recursos fueron seleccionados según los criterios de inclusión, donde los recursos excluidos no profundizan sobre el tema de interés o carecen de conclusiones relevantes para el tema.

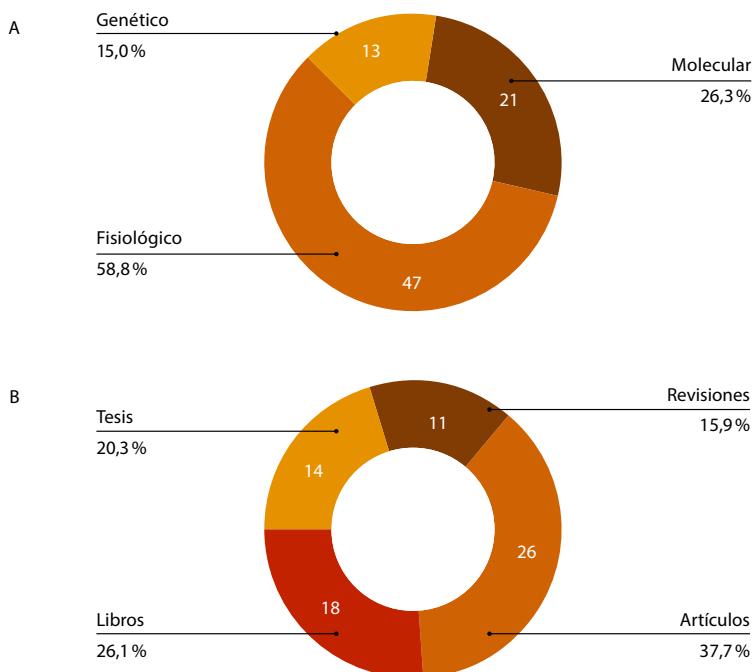


Figura 2. (a y b). (a) Porcentajes de documentos clasificados según los temas de esta revisión. (b) Porcentaje de los recursos según su naturaleza

Fuente: elaboración propia.

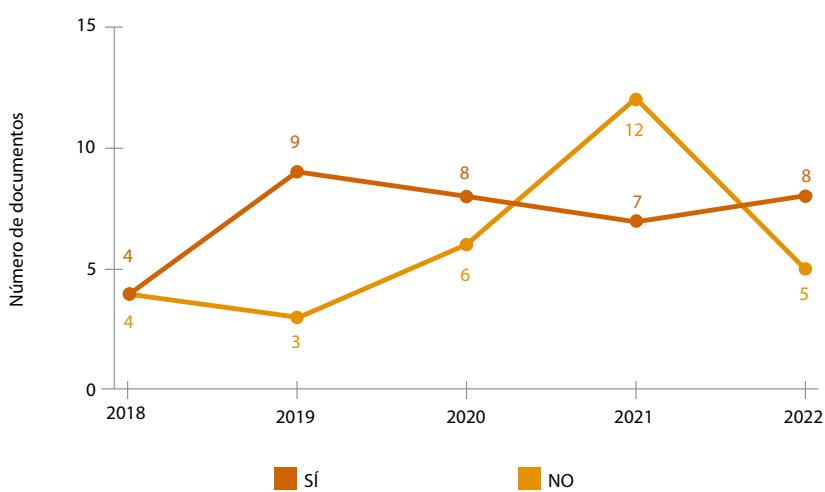


Figura 3. Artículos seleccionados (Sí) y descartados (NO) según el año de publicación

Fuente: elaboración propia.

3.1 Síntesis sobre la fisiología, el etileno y la tuberización en *Solanum L.*

Las funciones del etileno son diversas, puede inhibir la producción de otras hormonas (Auxinas [AU], Giberelinas [GA] y Citoquinas) y señalizar procesos de almacenamiento de almidón y la formación del tubérculo (Jordán & Casaretto, 2006). Además regula la presencia de AU y ácido abscísico (ABA), entre otras (Karsai-Rektenwald *et al.*, 2022; Lomin *et al.*, 2020; Matres, 2021); esta función permite el control sobre señalizadores proteicos de genes específicos, para la síntesis de enzimas y rutas metabólicas como STBEL5, STSP-6A y POTH1 (Wang *et al.*, 2022).

El efecto del etileno sobre la tuberización se ha evidenciado desde cuando inicia la reserva de almidón (Lomin *et al.*, 2018) y durante las etapas siguientes que implican la señalización y regulación de las fitohormonas según Karsai-Rektenwald *et al.* (2022). Esta molécula se expresa de manera constante en todas las etapas y por último puede inhibir su propia síntesis (Houben & van de Poel, 2019). En la figura 4 se sintetiza la función del etileno en las tres etapas de la tuberización: latencia, desarrollo y maduración. Su presencia está ligada con la regulación y señalización de otras hormonas como las AU, esto resalta los vacíos de conocimiento que existen sobre los procesos en etapas intermedias de la tuberización.

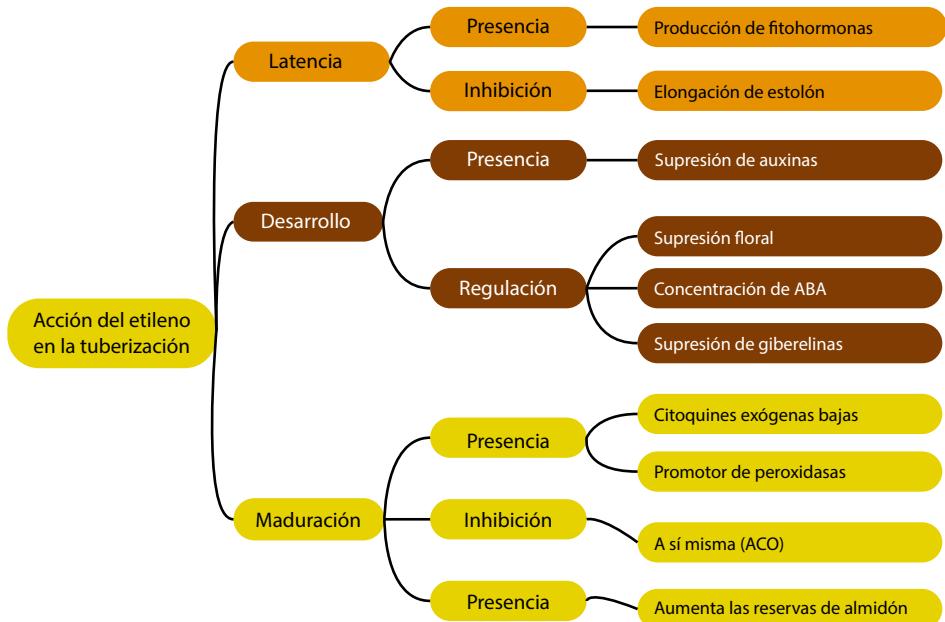


Figura 4. Síntesis sobre la función y la acción del etileno sobre las etapas de la tuberización

Fuente: elaboración propia.

3.2 Síntesis sobre otros metabolitos y tuberización en *Solanum L.*

A partir del 2018, se observa que no solo el etileno está relacionado con el proceso de tuberización, sino que otras hormonas intervienen y se destacan: AU, GA y ABA. Las AU se expresan o se hacen presentes en el extremo apical de las plantas; esta hormona solo se expresa en la etapa juvenil y de manera especial en la tuberización (Kolachevskaya *et al.*, 2019). Las GA están presentes en las raíces, aumentan su cantidad y, por consiguiente, generan un incremento en la absorción de agua, El ABA aumenta su concentración durante el desarrollo del tubérculo; alcanza su máxima concentración al final de la etapa e inhibe las GA (Abbas & Zahra, 2021; Bizuayehu *et al.*, 2021) (figura 5). Sin embargo, en los estudios revisados no se indican las concentraciones, solo se discute su función según su presencia/ausencia.

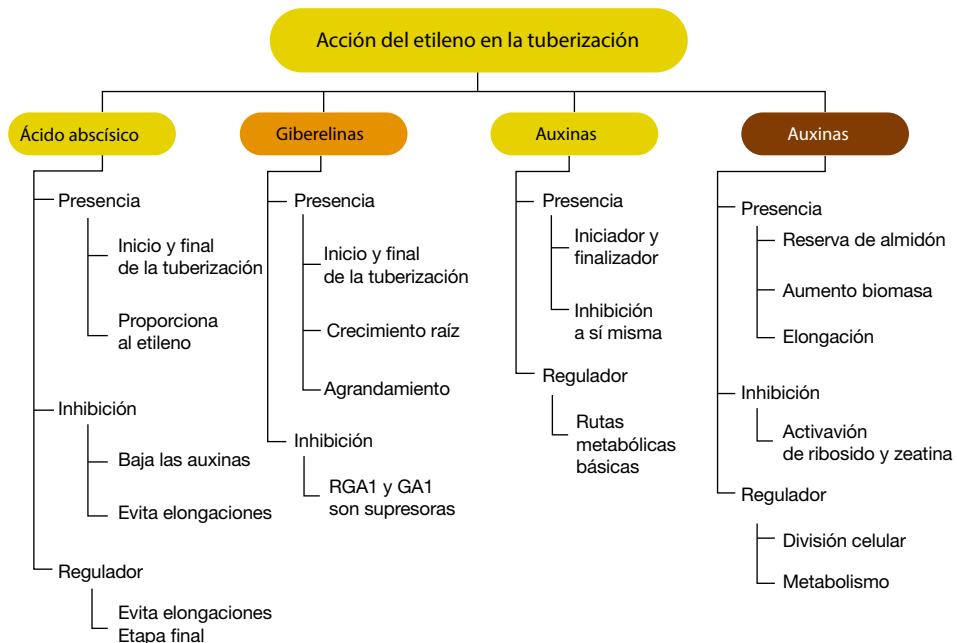


Figura 5. Síntesis sobre otras fitohormonas implicadas en el proceso de tuberización, se muestra su acción y efectos
Fuente: elaboración propia.

4. Discusión

El etileno se encuentra vinculado con el proceso de tuberización y tiene tres acciones: regular, inhibir y estimular. Sin embargo, los estudios que mencionan su presencia no aclaran su efecto en términos de concentración. Por otro lado, se evidencia la importancia del etileno sobre la señalización o regulación de las rutas metabólicas de otras fitohormonas. En cuanto a las etapas de tuberización, el etileno está presente durante

la elongación, el endurecimiento y el aumento de las reservas de almidón, funciones relevantes en la producción de papa en este caso. No obstante, se mostró la acción de una gran variedad de señalizadores proteicos para todas las hormonas en la tuberización. A continuación se presenta la discusión de su efecto a nivel fisiológico y su implicación con otras fitohormonas.

4.1 Efecto a nivel fisiológico

El etileno es indispensable para la señalización de diferentes fitohormonas, en la Figura 4 se sintetiza su función como inhibidor o regulador (Kolachevskaya *et al.*, 2019; Desta *et al.*, 2021). Su presencia en las primeras etapas de la tuberización funciona como señalizador de AU y de ABA; al reducir la presencia de auxinas, evita la elongación de los tubérculos y los estolones, por esto, durante el desarrollo del tubérculo, el etileno reduce la presencia de AU (inversamente proporcional) (Kolachevskaya *et al.*, 2019; Saidi & Hajibarati, 2021). Por otra parte, entre ABA y el etileno se establece una proporcionalidad para regular la elongación y el control de auxinas en todas las etapas (Saidi & Hajibarati, 2021). Sin embargo, se desconoce la regulación durante la etapa de desarrollo del tubérculo, únicamente se destacan las siguientes funciones en la supresión floral y de auxinas en la regulación de la presencia de ABA e inhibición de la expresión de GA2 (Pelton, 2019; Odgerel *et al.*, 2022; Park *et al.* 2023).

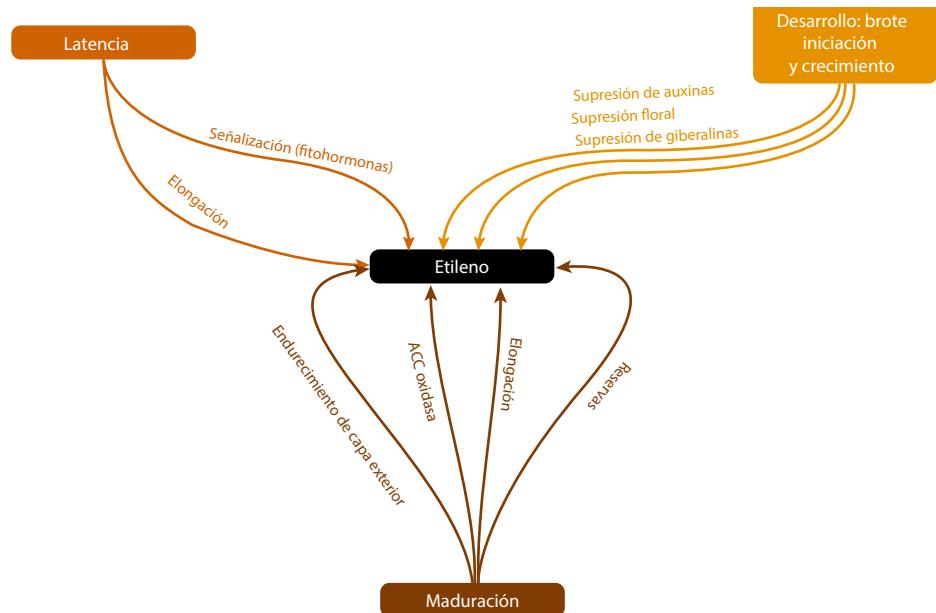


Figura 6. Síntesis de la relación del etileno con las etapas de la tuberización
Fuente: elaboración propia

En síntesis, el etileno cumple varias funciones en la tuberización, ya sea para regular o inhibir. En los estudios revisados se afirma la importancia del etileno en la tuberización (figura 6), donde su presencia o síntesis al inicio es menor y aumenta durante el

proceso (Karsai-Rektenwald *et al.*, 2022; Lomin *et al.*, 2020.), y es capaz de promover su inhibición con la enzima ACC oxidasa (van de Poel *et al.*, 2012). Se considera aumentar los estudios sobre esta fitohormona para encontrar alternativas que permitan mejorar las características de los tubérculos, en este caso para la papa, y extender los estudios moleculares para otras especies de interés alimenticio.

4.2 Efecto sobre metabolitos

Se resaltan dos aspectos importantes en la literatura encontrada, primero se presenta una relación entre las fitohormonas en todas las etapas de desarrollo de la planta, sin embargo no se evidencia entre ellas. Segundo, la presencia de las fitohormonas puede variar entre las etapas, esto podría estar implicado con los procesos de regulación, inhibición y señalización (figura 7). Según Lomin *et al.* (2018) existe evidencia sobre la variación en la señalización proteica y la presencia de las citoquinas en la tuberización de la papa criolla. Por lo tanto, el proceso está mediado por varias hormonas al mismo tiempo.

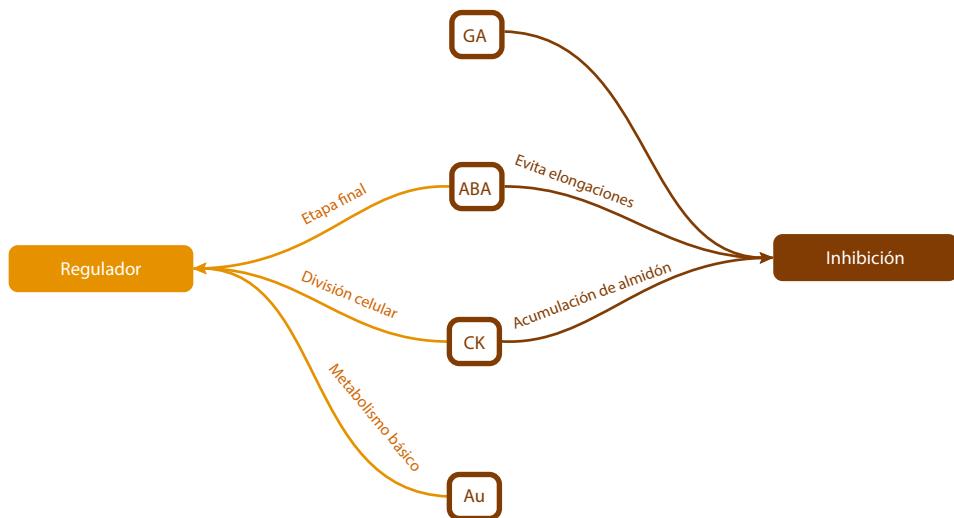


Figura 7. Mapa conceptual de fitohormonas y la acción en la tuberización

Nota. Giberelinas (GA), ácido abscísico (ABA), citoquinas (CK) y auxinas (Au).

Naranja: regulación. Morado: inhibición. Se menciona el efecto principal.

Fuente: elaboración propia.

Se encontraron dos acciones predominantes entre las fitohormonas de la Figura 7: regulación e inhibición, estas dependen de la concentración de las hormonas y es allí donde el etileno es relevante por su efecto en las rutas metabólicas de otras fitohormonas. Durante la iniciación aumentan las concentraciones de auxinas y de ABA y hacia la etapa final disminuyen conforme aumentan el etileno, las GA y las citoquinas (CK) (Saidi & Hajibarat, 2021). Por lo tanto, en cada etapa de la tuberización se observa que el cambio en las concentraciones es decisivo para todo el proceso; sin embargo, no se ha estudiado de forma cuantitativa. Por otro lado, la inhibición se relaciona con

varias moléculas o señalizadores, entre las hormonas o funciones fisiológicas; cabe destacar que las moléculas promotoras se ven ligadas a compuestos o complejos proteicos (Wang *et al.*, 2022). El efecto principal de las fitohormonas durante las etapas de la tuberización, al inicio y final, las funciones bioquímicas, como la ABA, CK y GB, su función es específica y está relacionada con la elongación, el aumento de las reservas de almidón y de tamaño (Saidi & Hajibarat, 2021), con algunas funciones del etileno.

5. Conclusiones

En esta revisión se evidencia una relación entre el etileno y la tuberización en un rango amplio y se resalta la necesidad de realizar investigaciones cuantitativas para dilucidar las concentraciones de todas las fitohormonas que intervienen en el proceso. Esto permitiría dar opciones al usuario primario (el agricultor) sobre los cambios que podría hacer o adaptar su cultivo en escenarios de cambio climático.

Se concluye que las fitohormonas son esenciales para la tuberización, donde cada una de ellas desempeña una función principal en la fisiología del tubérculo y que actúan en sinergia durante las etapas de la tuberización. Se encontró una proporcionalidad inversa entre el etileno y las auxinas y una directamente proporcional entre el etileno y ABA al finalizar el proceso. Sin embargo, hacen falta más estudios para analizar las rutas metabólicas entre las etapas del proceso y las concentraciones de las fitohormonas implicadas.

Agradecimientos

Agradezco el espacio del programa de Biología donde se estructuró este proyecto integrado de profundización. A mis tutoras, las profesoras Diana Orjuela y Mary Lee Berdugo por hacer posible este resultado; desde el comienzo hasta el final, me han apoyado durante el semestre para hacer posible la entrega de este documento en el menor tiempo posible; han sido constantes en todo aspecto fundamental, redacción, estilo y acompañamiento para obtener el desarrollo correcto de este trabajo. Así mismo, recibo con agrado toda la retroalimentación. A la Universidad Central por darme acceso a la base de datos, para la elaboración de este artículo.

Referencias

- Bizuayehu, D., Abate, N. & Kefelegn, G. (2021). Regulation of Potato Tuber Dormancy. *Asian Journal of Research and Review in Agriculture*, 3(4), 85-92.
<https://bit.ly/47bRqpH>
- Cabral, E. (2010). *Core eudicotiledóneas: diversidad vegetal biotaxonomía de spermatofitos*. Facena Unne. <https://bit.ly/4qbmiiq>

- Cuevas, L. (2018). *Taxonomía de la familia solanaceae en el municipio de Coacatzintla, Veracruz, México* [Tesis de pregrado, Universidad Veracruzana].
<https://bit.ly/3WEtZAc>
- Granados-Tochoy, J. & Orozco-P., C. (2005). Novedades corológicas y morfológicas en *Solanum* sección *geminata* (Solanaceae). *Caldasia*, 27(1), 1-16.
<https://bit.ly/46SR7kF>
- Guatusmal, C. & Males, R. (2018). *Comportamiento de dos variedades de Solanum Tuberosum L en un cultivo en callejones con Alnus Acuminata Kunth* [Tesis de pregrado, Universidad de Nariño]. <https://sired.udnar.edu.co/5934/1/92630.pdf>
- Guirao-Goris, J., Olmedo, A. & Ferrer, E. (2008) El artículo de revisión. *Revista Iberoamericana de Enfermería Comunitaria*, 1(1) 6. <https://bit.ly/3KNdJug>
- Houben, M. & van de Poel, B. (2019). 1-Aminocyclopropane-1-Carboxylic Acid Oxidase (ACO): The Enzyme That Makes the Plant Hormone Ethylene. *Frontiers In Plant Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00695>
- Jordán, M. & Casaretto, J. (2006). Hormonas y reguladores del crecimiento: etileno, ácido abscísico, brasinoesteroides, poliaminas, ácido salicílico y ácido jasmónico. En F. Squeo & L. Cardemil (eds.), *Fisiología Vegetal*. Ediciones Universidad de La Serena. http://www.bioulv.cl/librofv/web/pdf_word/Capitulo%2016.pdf
- Karsai-Rektenwald, F., Odgerel, K., Jose, J. & Bánfalvi, Z. (2022). In Silico Characterization and Expression Analysis of Gigantea Genes in Potato. *Biochemical Genetics*, 60, 2137-2154. <https://doi.org/10.1007/s10528-022-10214-7>
- Kolachevskaya, O., Lomin, S., Arkhipov, D. & Romanov, G. (2019). Auxins in potato: molecular aspects and emerging roles in tuber formation and stress resistance. *Plant Cell Reports*, 38, 681-698. <https://doi.org/10.1007/s00299-019-02395-0>
- Lomin, S., Myakushina, Y., Kolachevskaya, O., Getman, I., Arkhipov, D., Savelieva, E., Osolodkin, D. & Romanov, G. (2018). Cytokinin perception in potato: New features of canonic players. *Journal of Experimental Botany* 69(16), 3839-3853, <https://doi.org/10.1093/jxb/ery199>
- Lomin, S., Myakushina, Y., Kolachevskaya, O., Getman, I., Savelieva, E., Arkhipov, D., Deigraf, S. & Romanov, G. (2020). Global View on the Cytokinin Regulatory System in Potato. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://bit.ly/4qs0rDV>
- Matres, A. (2021). *Caracterización funcional de los elementos en CIS involucrados en la regulación traduccional de la maduración del fruto* [Tesis de grado, Universitat Politècnica de València]. Repositorio Institucional - Universitat Politècnica de València. <https://riunet.upv.es/handle/10251/171201>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2021). *Cadena de la papa*. <https://bit.ly/4haU0Rj>
- Moya, H. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de la papa. Medidas para la temporada invernal*. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). <https://bit.ly/3Ja6Ane>

- Odgerel, K., Jose, J., Karsai-Rektenwald, F., Ficzek, G., Simon, G., Végvári, G. & Bánfalvi, Z. (2022). Effects of the repression of GIGANTEA gene StGI.04 on the potato leaf transcriptome and the anthocyanin content of tuber skin. *BMC Plant Biology*, 22. <https://doi.org/10.1186/s12870-022-03636-3>
- Park, H.-J., Lee, G.-B., Park, Y.-E., Jin, Y.-I., Choi, J.-G., Seo, J.-H., Cheon, C.-G., Chang, D.-C., Cho, J.-H. & Kang, J.-H. (2023). Effects of seed tuber size on dormancy and growth characteristics in potato double cropping. *Horticulture Environment and Biotechnology* 64, 167-178. <https://doi.org/10.1007/s13580-022-00462-2>
- Pelton, J. (2019). *The role of strigolactones in potato tuber dormancy* [Tesis de doctorado, Imperial College London]. <https://doi.org/10.25560/88853>
- van de Poel, B., Bulens, I., Markoula, A., Hertog, M., Dreesen, R., Wirtz, M., Vandorinck, S., Oppermann, Y., Keulemans, J., Hell, R., Waelkens, E., de Proft, M., Sauter, M., Nicolai, B. & Geeraerd, A. (2012). Targeted systems biology profiling of tomato fruit reveals coordination of the Yang cycle and a distinct regulation of ethylene biosynthesis during post climacteric ripening. *Plant Physiology*, 160(3), 1498-1514. <https://doi.org/10.1104/pp.112.206086>
- Rodríguez-Pérez, L. (2011). Ecofisiología del cultivo de la papa (*Solanum Tuberousum L.*). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 4(1), 97-108.
<https://bit.ly/4n9XtRx>
- Saidi, A. & Hajibarati, Z. (2021). Phytohormones: plant switchers in developmental and growth stages in potato. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s43141-021-00192-5>
- Sánchez, E. & Baracaldo, D. (2019). *Análisis de la expresión del Gen CDPK7 y evaluación del Gen EIN2 en papa criolla Solanum Tuberousum Vf. Phureja, (variedad criolla colombiana) irradiada con cobalto 60* [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Institucional - Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <https://bit.ly/46QUOan>
- Wang, Y., Liu, T., Ma, C., Li, G., Wang, X., Wang, J., Chang, J., Guan, C., Yao, H. & Dong, X. (2022). Carbohydrate regulation response to cold during rhizome bud dormancy release in *Polygonatum kingianum*. *BMC Plant Biology*, 22, 163. <https://doi.org/10.1186/s12870-022-03558-0>