



# Ácidos orgánicos en cultivos agrícolas: alternativa ante el cambio climático

Omar Cástor Ponce García<sup>1</sup>  
Carlos Abel Ramírez Estrada<sup>2</sup>  
Leslie Carnero Avilés<sup>1</sup>  
Alejandro Palacio-Márquez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma de Chihuahua, Km 2.5 Carretera Delicias a Rosales, 33000 Delicias, Chihuahua, México

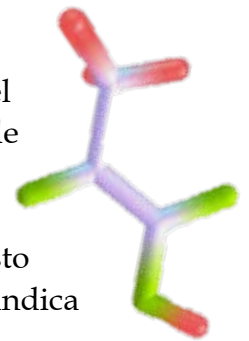
<sup>2</sup>Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. (CIAD), Av. 4 Sur 3828, Pablo Gómez, 33088 Delicias, Chihuahua, México

\*Autor para correspondencia: apalaciom@uach.mx

**Se prevé que la productividad agrícola en México descienda un 59 % en los principales cultivos del país a causa de los efectos del cambio climático. Ante esta situación, el uso de compuestos producidos por las mismas plantas representa una alternativa viable para evitar los efectos severos causados por los factores abióticos adversos. Dentro de estos compuestos destaca el uso de ácidos orgánicos.**

## Introducción

En los últimos años el estrés abiótico ha sido uno de los principales problemas en la producción de cultivos agrícolas, provocado principalmente por los efectos del cambio climático. Algunas de las afectaciones son la disminución de agua disponible, altas o bajas temperaturas, salinidad en el suelo y exceso de radiación. Según un estudio publicado por el Instituto de Investigación de Cambio Climático de la UNAM, se prevé que la productividad agrícola en México descienda un 59 % en los principales cultivos del país a causa de los efectos del cambio climático. Así mismo, esto provocaría pérdidas cercanas a los 38 mil millones de dólares. La SADER indica que los estados de Chihuahua, Tamaulipas, Michoacán, Sonora y Sinaloa presentan riesgo severo de disponibilidad hídrica para la agricultura en los próximos años, situación crítica para el país, ya que estos estados en conjunto aportan el 47.8 % del valor de producción agrícola nacional.





## Efectos fisiológicos del estrés abiótico en las plantas

Los factores involucrados en el estrés abiótico desencadenan una respuesta interna en las plantas, los cuales afectan significativamente el crecimiento y la productividad. específicamente, la planta presenta una pérdida de agua en la célula y estos cambios en la actividad celular provocan los siguientes procesos (Figura 1):

1. Cierre estomático, el cual se realiza con la finalidad de que la planta evite la pérdida de agua por transpiración. Sin embargo, esta acción puede provocar una reducción en la asimilación de carbono que afecta negativamente el proceso de la fotosíntesis.
2. Si el estrés continua, el segundo mecanismo de defensa es el incremento en la producción de azúcares con el objetivo de regular la turgencia de la célula, lo que propicia un cambio en la consistencia del interior de la célula y evita la pérdida de agua.
3. También, el estrés desencadena la producción de metabolitos con características bioactivas que tienen el objetivo de proteger a la planta de oxidación, deshidratación o daño por sustancias fitotóxicas.
4. Por último, un estrés severo inicia la transformación de compuestos de las zonas maduras de la planta a las partes en crecimiento, lo que provoca la muerte celular, caída de hojas y en casos extremos la muerte de la planta.

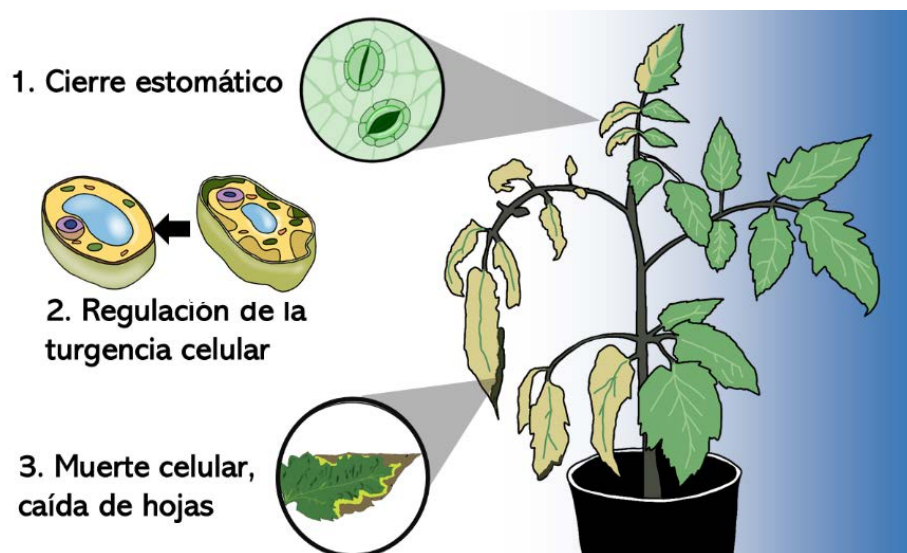


Figura 1. Efectos sobre la fisiología vegetal causados por el estrés abiótico



## Una alternativa innovadora para combatir los efectos del estrés abiótico

Ante la creciente problemática que representa el estrés abiótico sobre los cultivos agrícolas, surge la necesidad de buscar alternativas innovadoras que permitan contrarrestar dichos efectos y que, además, no impliquen un problema ambiental. Ante esta situación, el uso de compuestos producidos por las mismas plantas representa una opción viable para evitar los efectos severos causados por los factores abióticos adversos. Dentro de estos compuestos destaca el uso de ácidos orgánicos, los cuales, son exudados por las raíces de las plantas con el objetivo de alterar procesos en la interacción suelo-planta que favorezcan la asimilación de nutrientes, el desarrollo de organismos benéficos, el crecimiento radicular y principalmente la absorción de agua.

Los ácidos orgánicos (AO) son compuestos que contienen uno o más grupos carboxílicos (-COOH), los cuales son producidos por las plantas en el proceso de degradación de moléculas como carbohidratos, lípidos y proteínas, principalmente durante el ciclo de los ácidos tricarboxílicos. Presentan un papel fundamental en el asimilación y conversión del carbono e influyen de manera general en la fisiología de la planta. Además, la disponibilidad de estos compuestos en formulaciones comerciales es variada, y por si fuera poco, su extracción por otros métodos es sencilla. Anteriormente, se han reportado diversos ácidos orgánicos producidos por las plantas, como el ácido cítrico y el ácido málico, seguido por otros ácidos disponibles en menor cantidades como el fumárico, oxálico, acético, butírico y ascórbico (Figura 2).

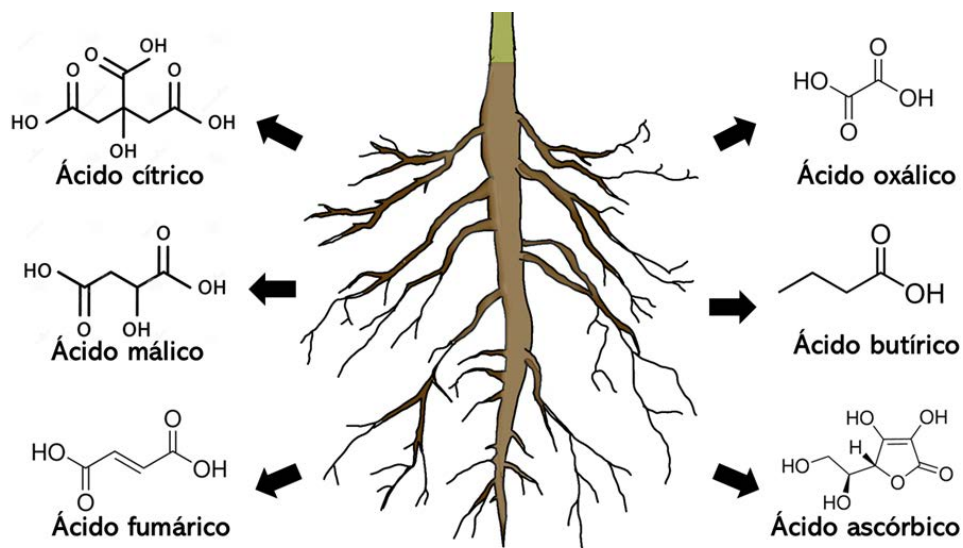


Figura 2. Principales ácidos orgánicos producidos por la planta.



Los ácidos orgánicos cumplen con diferentes funciones en los procesos internos de la planta, siendo la principal, la regulación de los niveles de agua en el interior de la célula. Además, ayuda al balance de la entrada y salida de cationes para evitar un problema de toxicidad. Igualmente, se ha reportado que estos procesos favorecen un mayor desarrollo radicular, un mayor número de raíces y sobre todo de pelos absorbentes. Esto facilita la absorción de agua y nutrientes minerales, además, al ser compuestos que se liberan en el suelo por medio de las raíces, pueden acidificar la zona de la rizosfera y generar cambios en la disponibilidad de micronutrientes como Fe, Zn, Cu y Mn.

Otro punto que destacar es la relación que juegan los ácidos orgánicos con los microorganismos del suelo, ya que funcionan como alimento de la comunidad microbiana, lo que genera efectos positivos en las raíces de las plantas, incrementa la actividad biológica del medio y reduce la incidencia de patógenos.

### **¿Qué ácidos orgánicos se pueden usar para combatir el estrés abiótico?**

Los ácidos orgánicos se dividen en dos grupos: alto peso molecular (ácidos húmicos y fúlvicos) y bajo peso molecular (cítrico, málico, oxálico, etc.), los primeros se caracterizan por tener baja solubilidad, por lo que se han utilizado principalmente como mejoradores de suelos, esto debido a su alta capacidad de intercambio catiónico, lo que puede ayudar a incrementar la retención de humedad, así como formar complejos con nutrientes metálicos, lo que incrementa su disponibilidad en el medio, sobre todo en situaciones donde el suelo presenta un pH alcalino.

Por su parte, los AO de bajo peso molecular, tienden a ser mucho más solubles por lo cual su aplicación puede ser tanto de manera edáfica como de forma foliar en pequeñas cantidades, debido a su efecto bioestimulante, algunos estudios recientes han mencionado que el efecto de estos ácidos dentro de la planta se debe a que incrementan la producción de metabolitos secundarios, la movilidad de nutrientes y generan un aumento en la tasa de respiración, la energía celular y participan en la acción de enzimas involucradas en los mecanismos de defensa de la planta. Anteriormente se han observado resultados favorables en el uso eficiente de agua y aumento en el enraizamiento en plantas de chile y aguacate con la aplicación de ácido cítrico en dosis bajas. Esto pone en evidencia el papel fundamental de los ácidos orgánicos en la producción sostenible en México. A continuación, algunos ejemplos de ácidos orgánicos y sus funciones se describen en la Tabla 1.



**Tabla 1.** Funciones de los principales ácidos orgánicos ante el estrés abiótico en plantas.

Ácido orgánico	Principales funciones ante el estrés abiótico
<b>Húmico</b>	Mejorador de suelo que permite incrementar la retención de humedad, aumentar la actividad microbiana y mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo.
<b>Fúlvico</b>	Al igual que los ácidos húmicos cumplen con las funciones descritas y además ayudan a incrementar la actividad de enzimas relacionadas con la respuesta al estrés oxidativo.
<b>Cítrico</b>	Mejora la disponibilidad de nutrientes, la asimilación de agua y ayuda a minimizar los daños causados por metales pesados en plantas como cromo y plomo.
<b>Málico</b>	Respuesta al estrés por sequía activando mecanismos que permitan que la acumulación de carbono no se vea afectada por el cierre de estomas causado por la falta de agua.
<b>Oxálico</b>	Al igual que los anteriores tiene efectos sobre los mecanismos de respuesta de la planta ante situaciones de estrés, principalmente la falta de agua o la intoxicación por metales pesados.
<b>Ascórbico</b>	Además de las funciones previamente descritas, tiene un efecto positivo sobre el control de las especies reactivas de oxígeno que causan daño oxidativo a las plantas.

### Retos para la juventud

A pesar de lo positivo que luce el uso y aplicación de AO, en la actualidad su uso en la agricultura continúa siendo un mundo por descubrir, y ante la situación complicada que presenta el cambio climático, especialmente para las zonas que enfrentan situaciones hídricas adversas, se presentan como una opción sostenible para mantener la productividad agrícola. En base a esto, es necesario incrementar el número de investigaciones relacionadas a estos temas, con el objetivo de esclarecer las funciones y efectos de los diferentes tipos de ácidos orgánicos sobre el crecimiento, desarrollo, productividad y mecanismos de respuesta al estrés de los diferentes cultivos de impacto en la producción alimenticia nacional.



## Conclusiones



En conclusión, los ácidos orgánicos se presentan como una alternativa innovadora para mitigar los efectos del estrés abiótico en los cultivos de importancia nacional, debido a que incrementan la absorción de agua y nutrientes por las plantas y regulan la respuesta a estrés hídrico, salino, por temperatura y metales pesados. Sin embargo, sus efectos continúan en proceso de investigación por lo que es necesario estudiar más a fondo sus efectos sobre las plantas con el objetivo de que el uso de estas sustancias sea aceptado para el uso constante por los agricultores.

## Literatura recomendada

Mendoza-Ponce A., Ortiz Haro G. A., Murray-Tortarolo G. N., & Salazar Frausto, J. L., (2023). Agricultura y cambio climático en México. En: *Estado y perspectivas del cambio climático en México. Un punto de partida*. Reporte técnico, Programa de Investigación en Cambio Climático, UNAM, pp 1-13.

Panchal, P., Miller, A. J., & Giri, J. (2021). Organic acids: versatile stress-response roles in plants. *Journal of Experimental Botany*, 72(11), 4038-4052.

Adeleke, R., Nwangburuka, C., & Oboirien, B. (2017). Origins, roles and fate of organic acids in soils: A review. *South African Journal of Botany*, 108, 393-406.

## Semblanzas de autores

**M. C. Omar Cástor Ponce García.** Ingeniero Agrónomo por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, M. C. en Productividad Frutícola por la Universidad Autónoma de Chihuahua. Jefe del Campo Experimental Delicias en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Forestales (INIFAP).

**M.C. Carlos Abel Ramírez Estrada.** Maestría en ciencias, con terminación en Horticultura, estudiante de doctorado en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) y profesor investigador en la facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH).

**Dra. Leslie Carnero Avilés.** Ingeniero Agrónomo, egresado de la Universidad autónoma de Sinaloa con Doctorado en Ciencias en parasitología agrícola por la universidad autónoma agraria Antonio Narro (UAAAN). Investigadora en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, campo experimental Delicias.

**Dr. Alejandro Palacio Márquez.** Doctor en ciencias, con terminación en horticultura por parte del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (CIAD), profesor investigador en la facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Miembro del SNII nivel I.

