

El estrés abiótico en plantas y su relación con la herbivoría^φ

Paola Andrea Palmeros-Suárez, Ricardo Ramírez-Romero*

Introducción

En el mundo de las plantas, el estrés abiótico es una realidad constante. El estrés se refiere a las condiciones adversas del ambiente, tales como la sequía, altas temperaturas, salinidad o cambios en la disponibilidad de nutrientes en el suelo, donde las plantas pueden desarrollarse. Estas condiciones pueden tener un impacto en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Fig. 1) y, por ende, pueden afectar sus interacciones ecológicas con los herbívoros (Weldegergis *et al.* 2014).

Ante las condiciones de cambio climático, las plantas pueden experimentar más estrés abiótico e incrementar o reducir la interacción con los herbívoros. Esto, a su vez, puede ocasionar daño a los cultivos. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es describir las condiciones donde el estrés abiótico y la herbivoría pueden interactuar, los mecanismos de respuesta en plantas ante ambas condiciones, los postulados que permiten entender estos procesos, el papel de los microbiomas y el impacto en los enemigos naturales (Fig. 2).

¿Cómo se relaciona el estrés abiótico y la herbivoría en las plantas?

Sabemos que la respuesta de las plantas ante condiciones adversas puede manifestarse de formas específicas; sin embargo, poco se sabe sobre lo que sucede cuando las plantas se someten al mismo tiempo a situaciones de estrés biótico y abiótico, como ocurre cuando la herbivoría y los factores del ambiente se combinan.

^φ Departamento de Producción Agrícola, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México.

*Autor de correspondencia: rramirez@cucba.udg.mx.

DOI: <http://doi.org/10.56369/BAC.5823>





Fig. 1. Planta de jitomate *Solanum lycopersicum* con síntomas de marchitez en tejido vegetativo debido a condiciones de estrés por sequía (Foto: Paola Andrea Palmeros Suárez).

El estrés abiótico puede activar respuestas de señalización por vías de síntesis hormonales, como el ácido jasmónico (JA), el ácido abscísico (ABA) y el etileno (ET), que juegan un papel importante en la activación de defensas contra los herbívoros (Nguyen *et al.* 2016). Por ejemplo, durante la sequía las plantas aumentan los niveles de ABA, que a su vez aumenta su capacidad de defensa contra herbívoros. Por otra parte, las plantas también pueden responder al estrés abiótico alterando la producción de metabolitos secundarios, algunos de los cuales tienen propiedades defensivas contra los insectos, como los flavonoides. Además, el estrés abiótico también puede ocasionar un menor crecimiento y calidad nutricional de las plantas (Fig. 1), lo que indirectamente puede influir en el rendimiento de los herbívoros (Foyer *et al.* 2016, Ma *et al.* 2020). Sin embargo, no todos los efectos del estrés abiótico pueden afectar negativamente la herbivoría.

Existen efectos neutros y positivos de estrés abiótico sobre los insectos herbívoros. Por ejemplo, efectos neutros del estrés por sequía sobre la infestación por herbívoros de plantas indican que dicho estrés no modifica la abundancia de estos organismos (Fig. 3). Además, algunas especies de insectos pulgones pueden prosperar en condiciones de alta temperatura mientras que algunos de sus enemigos naturales podrían verse afectados negativamente. Por otro lado, un aumento de los niveles de CO₂ atmosférico podría incrementar la relación carbono/nitrógeno en los tejidos vegetales y éste cambio hace más atractivas a las plantas

para algunos pulgones (Foyer *et al.* 2016, Ma *et al.* 2020). Entonces, el efecto del estrés abiótico en la herbivoría no resulta siempre en un efecto directo (positivo o negativo) debido a que involucra procesos complejos donde participan diferentes mecanismos que se activan cuando una planta es sometida a diferentes tipos de estrés.



Fig. 2. Enemigos naturales en hojas de un árbol de limón (una chinche depredando a una Catarina), mostrando interacciones en los agroecosistemas (Foto: Ricardo Ramírez Romero).

ISSN 2007 - 431 X

“El estrés abiótico puede activar respuestas de señalización por vías de síntesis hormonales, como el ácido jasmónico (JA), el ácido abscísico (ABA) y el etileno (ET), que juegan un papel importante en la activación de defensas contra los herbívoros.”

Postulados de la interacción del estrés abiótico y la herbivoría

La influencia del estrés abiótico en los herbívoros puede depender de una combinación de factores, como el tipo de estrés, la especie de planta y del herbívoro (Suzuki *et al.* 2014). Existen postulados sobre la relación entre el estrés abiótico y la herbivoría que pueden ayudar a entender y estudiar la interacción. Un postulado establece que bajo ciertos tipos de estrés abiótico se favorece la resistencia a la herbivoría, es decir que el estrés por sequía favorece la resistencia a herbívoros por interacciones sinérgicas entre el ácido jasmónico (JA) y el ácido abscísico (ABA).



Fig. 3. Planta de maíz (vista desde arriba) colonizada en su meristema apical (cogollo) por varios individuos del herbívoro *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae), plaga importante que puede transmitir diferentes enfermedades al maíz (Foto: Ricardo Ramírez Romero).

En un experimento con dulcamara (*Solanum dulcamara*) se encontró que el estrés por sequía aumentó su resistencia contra el gusano *Spodoptera exigua* posiblemente porque tanto la sequía como la herbivoría indujeron una acumulación de ABA y JA en la dulcamara. De manera similar, en maíz bajo estrés por sequía y herbivoría por el escarabajo *Diabrotica virgifera*, incrementó la concentración de ABA y de resistencia al gusano *Spodoptera littoralis*.

Por otro lado, y de manera contrastante, otros tipos de estrés podrían tener efectos neutros o reducir la tolerancia a los herbívoros. Por ejemplo, se ha identificado que el estrés por exceso de agua, al involucrar la ruta del etileno (ET), podría mantener o reducir la tolerancia a herbívoros masticadores debido a su relación antagónica con el ácido jasmónico (JA). Para refutar o refinar estos postulados son necesarios más estudios que comparen los efectos simultáneos de diferentes tipos de estrés abiótico y la acción de diferentes herbívoros. En este sentido, no solo es importante analizar los efectos individuales y simultáneos del estrés abiótico y de la herbivoría, sino también incluir disciplinas como la transcriptómica, la proteómica o la metabolómica, que permitan obtener información precisa sobre la regulación y las consecuencias fenotípicas de la interacción hormonal producida por estos tipos de estrés.

Microbioma vegetal y su relación con el estrés en plantas

Existen otras áreas de estudio que requieren atención y pueden proveer información muy interesante y útil. Entre ellas, destacan los beneficios de la simbiosis endofítica con las plantas, que son evidentes en entornos complejos donde los hospederos experimentan múltiples condiciones de estrés. Por ejemplo, el hongo endófito *Epichloe coenophiala* (Morgan-Jones &

W. Gams) en un cereal forrajero *Scolochloa festuacea* (Willd.) protege a su hospedero contra el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en condición de estrés por sequía al inducir la producción de alcaloides. Sin embargo, el pulgón *Rhopalosiphum padi* atacó a este cultivo al verse afectado únicamente cuando las plantas se sometían a estrés por sequía pero no contenían el hongo endófito (Bultman y Belt 2003).

El cultivo forrajero de *Lolium multiflorum*, inoculado con el hongo *Epichloe occulta* y sometido a estrés por sequía, redujo su densidad de áfidos (Porter *et al.* 2019). Esto implica que los microorganismos asociados con las plantas pueden influenciar radicalmente las interacciones planta-herbívoro produciendo diferentes efectos en función del tipo de estrés abiótico, del herbívoro y el microorganismo.

*“el hongo endófito *Epichloe coenophiala* en un cereal forrajero (*Scolochloa festuacea*) protege a su hospedero contra el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en condición de estrés por sequía al inducir la producción de alcaloides.”*

Influencia del estrés biótico y abiótico los enemigos naturales

Los depredadores (Fig. 2) y parasitoides pueden afectar su eficacia por cambios en el herbívoro (como el crecimiento y la tasa de reproducción) o por modificaciones en la emisión de compuestos volátiles vegetales. Estos compuestos, liberados por las plantas al aire, juegan un papel crucial en la comunicación con otros organismos ya que cuando las plantas experimentan estrés abiótico su capacidad para producir y emitir esos compuestos puede cambiar y son más o menos atractivos para herbívoros y/o a los enemigos naturales.

La remolacha *Beta vulgaris*, sometida a estrés abiótico (sequía y salinidad) y herbivoría por pulgones *Aphis fabae* y minadores *Pegomya cunicularia* y el parasitoide *Aphidius colemani*, fue afectada por el estrés abiótico pero no por la herbivoría. Una condición de estrés abiótico (salinidad) afectó el desarrollo del pulgón, mientras que otra (sequía) facilitó la reproducción del pulgón y el minador. Pero aún mas interesante fue que los parasitoides de las plantas afectadas por la sequía y la salinidad eran más pequeños y hubo menor atracción de los parasitoides hacia las plantas sometidas a estrés por sequía pero no hacia las plantas con estrés por salinidad.

En un estudio donde plantas de col *Brassica oleracea* fueron sometidas a estrés por sequía y herbivoría por la oruga *Mamestra brassicae*, se encontró que las señales volátiles eran diferentes cuando las plantas eran sometidas a estrés por sequía, a herbivoría y a ambas condiciones, pero no se modificó la atracción del parasitoide *Microplitis mediator* pues respondió de manera similar a las tres situaciones (Weldegergis *et al.* 2014). Otro caso puso en evidencia el efecto del estrés abiótico sobre los enemigos naturales donde el depredador

Aphidoletes aphidimyza, al ser sometido a estrés por calor, disminuyó su capacidad de ataque favoreciendo la herbivoría (Wang *et al.* 2023). Esto sugiere que las plantas pueden ajustar sus respuestas de manera diferencial de acuerdo con la condición de estrés en la que se encuentren. Es relevante analizar más en detalle el impacto de la interacción entre el tipo de estrés abiótico, el herbívoro y el enemigo natural.

“Los depredadores y parasitoides pueden afectar su eficacia por cambios en el herbívoro (como el crecimiento y la tasa de reproducción), o por modificaciones en la emisión de compuestos volátiles vegetales”.

Conclusión

La evidencia hasta la fecha señala que el estrés abiótico de las plantas puede afectar la herbivoría de forma negativa, positiva o neutral debido a las siguientes razones: 1) al modular las defensas bioquímicas, 2) al afectar la calidad nutricional, 3) al inducir ajustes metabólicos y 4) al influir en la eficacia de los enemigos naturales sobre los herbívoros. Desde una perspectiva agronómica y ecológica, es fundamental estudiar y entender cómo el estrés abiótico afecta la herbivoría y qué estrategias pueden emplearse para mitigar sus efectos adversos. Este conocimiento es clave para desarrollar sistemas de producción agrícola más resilientes y adaptables a los desafíos ambientales actuales, como los asociados al cambio climático.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del programa PRO-SNI-UdG 2024.

Referencias

- Bultman TL y Belt GD. 2003. Interaction between fungal endophytes and environmental stressors influences plant resistance to insects. *Oikos* 103: 182-190.
- Foyer CH, Rasool B, Davey JW, Hancock RD. 2016. Cross-tolerance to biotic and abiotic stresses in plants: a focus on resistance to aphid infestation. *Journal of Experimental Botany* 67: 2025-2037.
- Kochhar SL y Gujral SK. 2020. Abiotic and Biotic Stress, 545-589. En: Kochhar SL y Gujral SK (eds.). *Plant Physiology, Theory and Applications*. Cambridge University Press.
- Ma Y, Dias MC, Freitas H. 2020. Drought and salinity stress responses and microbe-induced tolerance in plants. *Frontiers in Plant Science* 11: 591911.

- Nguyen D, Rieu I, Mariani C, van Dam NM. 2016. How plants handle multiple stresses: hormonal interactions underlying responses to abiotic stress and insect herbivory. *Plant Molecular Biology* 91: 727-740.
- Porter SS, Bantay R, Firel CA, Garoutte A, Gdanetz K, Ibarreta K, Moore BM, Shetty P. 2019. Beneficial microbes ameliorate abiotic and biotic sources of stress on plants. *Functional Ecology* 34: 2075-2086.
- Suzuki N, Rivero RM, Shulaev V, Blumwald E, Mittler R. 2014. Abiotic and biotic stress combinations. *New Phytologist* 203: 32-43.
- Wang X, Shen XX, Yu XF, Gou JY, Huang CY, Yang MF. 2023. Effects of short-term heat stress on the performance of the predatory gall midge *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae). *Biocontrol Science and Technology* 33: 1-8.
- Weldegergis BT, Zhu F, Poelman EH, Dicke M. 2014. Drought stress affects plant metabolites and herbivore preference but not host location by its parasitoids. *Oecologia* 177: 701-713.

Palmeros-Suárez PA y Ramírez-Romero R. 2024. El estrés abiótico en plantas y su relación con la herbivoría. *Bioagrociencias* 17 (2): 81-87.
DOI: <http://doi.org/10.56369/BAC.5823>

Bioagrociencias
ISSN 2007 - 431 X