

...lo que no mata engorda....

MANUEL MARTÍNEZ ESTÉVEZ

Unidad de Bioquímica y Biología Molecular de Plantas,
Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Calle 43 No. 130 x 32 y 34,
Colonia Chuburná de Hidalgo, 97205, Mérida, Yucatán, México.
luismanh@cicy.mx

La hormesis es un término utilizado por los toxicólogos para referirse a una respuesta en dos fases que se presenta cuando un agente ambiental tóxico aplicado en bajas dosis tienen un efecto estimulador beneficioso para el organismo. En los campos de biología y medicina el proceso de hormesis es definido como una respuesta adaptativa de células y organismos a un estrés moderado que es generalmente intermitente. El objetivo de esta contribución es mostrar uno de los mecanismos que tienen los organismos para sobrevivir en los ambientes estresantes en los que se encuentran.

Palabras clave: Dosis letal, estrés, hormesis, plantas, toxicidad.

Cuando un factor de estrés; un agente químico o una toxina, se introduce en un organismo en dosis bajas produce una respuesta adaptativa beneficiosos, mientras que en dosis altas este puede ser dañino. Este fenómeno se llama hormesis. El término significa en griego "excitar". En ciencia, el término se ha utilizado desde hace 65 años. Sin embargo, el concepto es aún más antiguo y adjudicado a dos investigadores de mediados del siglo XIX: Rudolf Virchow y Hugo Schulz (Calabrese 2009). El nombre alternativo para hormesis es respuesta a una dosis, lo que significa "cantidad exacta de medicamento o extensión de algún otro tratamiento, para administrarse en uno o en intervalos establecidos" (Jäger y Krupa 2009). Varios términos diferentes se usan comúnmente para describir diferentes tipos específicos de respuestas horméticas, entre ellos los más uti-

lizados incluyen "preacondicionamiento" y "respuesta adaptativa al estrés".

La hormesis es un concepto fundamental en la evolución. Desde sus orígenes, la vida en la tierra ha existido en entornos hostiles en los que las células de los diferentes organismos a menudo están expuestas a radicales libres y sustancias tóxicas. Para sobrevivir y evolucionar, los organismos, desde los unicelulares hasta los más complejos han desarrollado mecanismos complejos y respuestas horméticas para hacer frente a los peligros ambientales. Típicamente, las vías de respuesta hormética involucran proteínas tales como canales iónicos, enzimas, y factores de transcripción que regulan la expresión de genes que codifican para moléculas que protegen a las células. Se han identificado varias moléculas de resistencia al estrés hormético, incluidas las proteínas que acompañan

y protegen otras moléculas, llamadas chaperonas, estas pueden ser proteínas de choque térmico, enzimas antioxidantes y factores de crecimiento (Mathers *et al.* 2004; Mattson *et al.* 2006).

Las plantas como otros organismos vivos, no están exentos de sufrir los embates de sustancias presentes en el ambiente que a concentraciones elevadas puedan ser tóxicas para ellas. También encontramos la hormesis en las plantas y por eso podríamos decir que es más bien una regla que una excepción. Las plantas se enfrentan a la contaminación del aire, presencia de metales pesados en altas concentraciones, alta salinidad y altas concentraciones de herbicidas, entre otros. Todos estos factores de estrés contienen componentes químicos diferentes y, sin embargo, comparten en muchos casos un efecto estimulador a bajas concentraciones.

Ejemplo de ello tenemos el efecto estimulador del lantano, un mineral raro en la corteza terrestre con un alto grado de reactividad química, pero en bajas concentraciones con un efecto beneficioso sobre el crecimiento de diferentes especies de plantas (Agathokleous *et al.* 2019). Otro ejemplo, es la estimulación de la elongación de la raíz de las plantas de maíz que han sido expuestas a 50 μM de aluminio a pH 4.3. Un clásico efecto hormético se muestra entre los 0 y 72 minutos con su efecto máximo alrededor de 40 minutos (Barceló y Poschenrieder 2002). Por último, está el efecto del aluminio sobre el crecimiento de raíces de *Coffea arabica* L., como se muestra en la figura 1, las raíces de estas plántulas cultivadas en cajas de petri muestran una estimulación en su crecimiento a concentraciones de 100 y 300

μM de cloruro de aluminio a los 30 días de cultivo, pero a 500 μM ya se observa el efecto inhibitorio (Bojorquez-Quintal *et al.* 2014).

En conclusión, las plantas y otros organismos tienen las herramientas para hacer frente a los acontecimientos ambientales adversos y han desarrollado respuestas adaptativas para ello; una de ellas es la respuesta hormética, pero es importante mencionar que estas respuestas están dentro de unos rangos de severidad del estrés establecido, de allí el título del artículo lo que no mata engorda pero hasta cierto punto, luego del cual no hay retorno.

Referencias

- Calabrese E. J. 2009.** Getting the dose-response wrong: why hormesis became marginalized and the threshold model accepted. *Archives of Toxicology* 83: 277-247.
- Jäger H. y Krupa S.V. 2009.** Hormesis-Its Relevance in Phytotoxicology. *Developments in Environmental Science* 9: 137-152.
- Mathers J., Fraser J.A., McMahon M., Saunders R.D., Hayes J.D., y McLellan L.I. 2004.** Antioxidant and cytoprotective responses to redox stress. *Biochemical Society Symposia* 71: 157–176.
- Mattson M.P. y Meffert M.K. 2006.** Roles for NF-kappaB in nerve cell survival, plasticity, and disease. *Cell Death and Differentiation* 13: 852–860.
- Agathokleous E., Kitao M. y Calabrese E.J. 2019.** Hormetic dose responses induced by lanthanum in plants. *Environmental Pollution* 244: 332- 341.

Barceló J. y Poschenrieder C. 2002. Fast root growth responses, root exudates, and internal detoxification as clues to the mechanisms of aluminium toxicity and resistance: a review. *Environmental and Experimental Botany* 48: 75-92.
 Bojórquez-Quintal J.E.A, Sánchez-Cach

L.A., Ku-González A. Estévez, M.M. 2014. Differential effects of aluminum on in vitro primary root growth, nutrient content and phospholipase C activity in coffee seedlings (*Coffea arabica*). *Journal of Inorganic Biochemistry* 134: 39-48

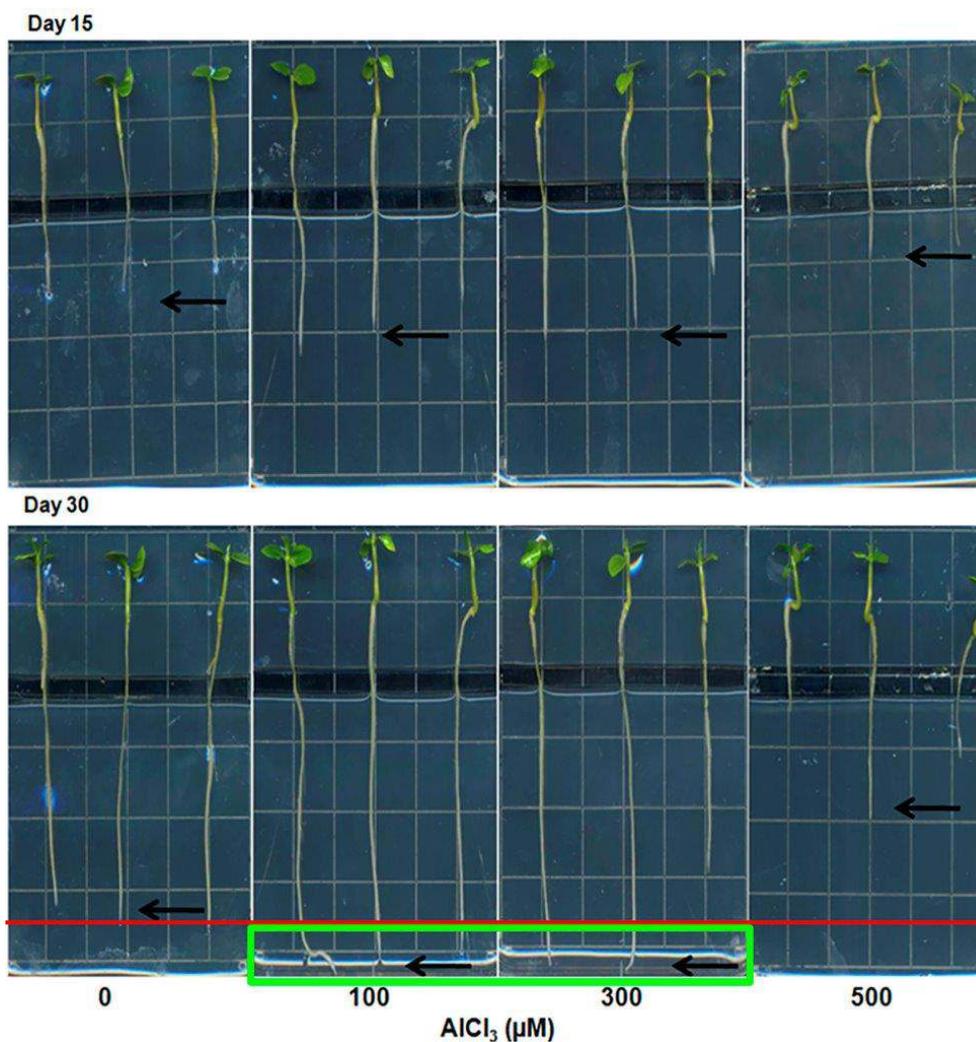


Figura 1. El aluminio induce el crecimiento y la inhibición de la raíz primaria en las plántulas de café de *C. arabica* cv. *typica* a los 15 y 30 días de cultivo en medio B5 a la mitad de su fuerza iónica en 0, 100, 300 y 500 μM de AlCl_3 a pH 4.3. (Tomado de Bojórquez-Quintal *et al.* 2014. *Journal of Inorganic Biochemistry* 134: 39-48).



Desde el Herbario CICY, 12: 6–9 (16-Enero-2020), es una publicación semanal editada por el Herbario CICY del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., con oficinas en Calle 43 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Tel. 52 (999) 942-8330 Ext. 110, www.cicy.mx/Sitios/Desde_Herbario/, webmas@cicy.mx. Editores responsables: Rodrigo Duno de Stefano y Lilia Lorena Can Itzá. Reserva de Derechos al Título Exclusivo No. 04-2016-041413195700-203, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, ISSN: 2395-8790. Responsable de la publicación: José Fernely Aguilar Cruz, Calle 43 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Fecha de última modificación: 16 de Enero de 2020. Las opiniones expuestas por los autores no necesariamente expresan la postura del editor de la publicación. De la misma manera, la responsabilidad sobre la veracidad y la precisión de los contenidos, le corresponde totalmente a los autores de los ensayos.