

# Nueva generación de bioinductores y bioestimulantes de origen microbiológico

Un bioestimulante vegetal es cualquier sustancia o microorganismo aplicado a las plantas con el objetivo de potenciar la nutrición, eficiencia, tolerancia al estrés abiótico y biótico, o mejorar la calidad del cultivo. La industria de los bioestimulantes ha crecido enormemente en los últimos años, y se espera que siga creciendo, llegando a los 4,9 billones de dólares en 2025. Actualmente nos encontramos en la era de la producción sostenible, por lo que la interacción planta-microorganismo juega un papel fundamental. Los microorganismos han sido utilizados durante décadas, pero actualmente se está buscando otro enfoque con el fin de generar productos que tengan el menor impacto posible en el ecosistema en el que se apliquen, y también que sean productos más fácilmente comercializables. Para ello nuestros esfuerzos se están centrando en la búsqueda de los llamados bioinductores, que son las moléculas pertenecientes al metabolismo secundario de los microorganismos o partes estructurales de los mismos.

Un bioestimulante vegetal es cualquier sustancia o microorganismo aplicado a las plantas con el objetivo de potenciar la nutrición, eficiencia, tolerancia al estrés abiótico y biótico, o mejorar la calidad del cultivo. La industria de los bioestimulantes ha crecido mucho en los últimos años, y su crecimiento lejos de estancarse se espera que siga creciendo, esperando que llegue hasta los 2,6 billones de dólares en 2021 y a 4,9 billones de dólares en 2025 (anónimo, 2016).

Los microorganismos se han utilizado en la producción de cultivos durante décadas, sus principales funciones (Davison, 1988) son (1) suministrar nutrientes a los cultivos; (2) estimular el crecimiento de la planta, por ejemplo, a través de la producción de hormonas vegetales; (3) controlar o inhibir la actividad de diferentes patógenos; (4) mejorar la estructura del suelo; y (5) mineralización de compuestos orgánicos contaminantes, es decir, biorremediación de suelos contaminados (Brierley, 1985) (Figura 1).

En la era de la producción sostenible, la interacción planta-microorganismo juega un papel fundamental en el acceso a una reserva limitada de nutrientes, así como en la inducción de su metabolismo, lo que le proporcionará, como veremos más adelante, ciertas ventajas. Generalmente, la función de estos microorganismos funciona de cuatro maneras diferentes (Glick, 2001): sintetizando determinados compuestos para las plantas (Dobbelaere y col., 2003; Zahir y col., 2004); facilitando la captación de ciertos nutrientes del suelo, A. Khosravi, 2018); disminuyendo y previniendo determinadas enfermedades (Beneduzzi, 2012; Kannoja, 2019); produciendo una respuesta en la planta generada por un reconocimiento específico entre los receptores de la planta y partes del microorganismo o moléculas producidas por él (Wani,

2018). De esta manera se puede conseguir una mejora tanto en la producción como en la calidad de esta.

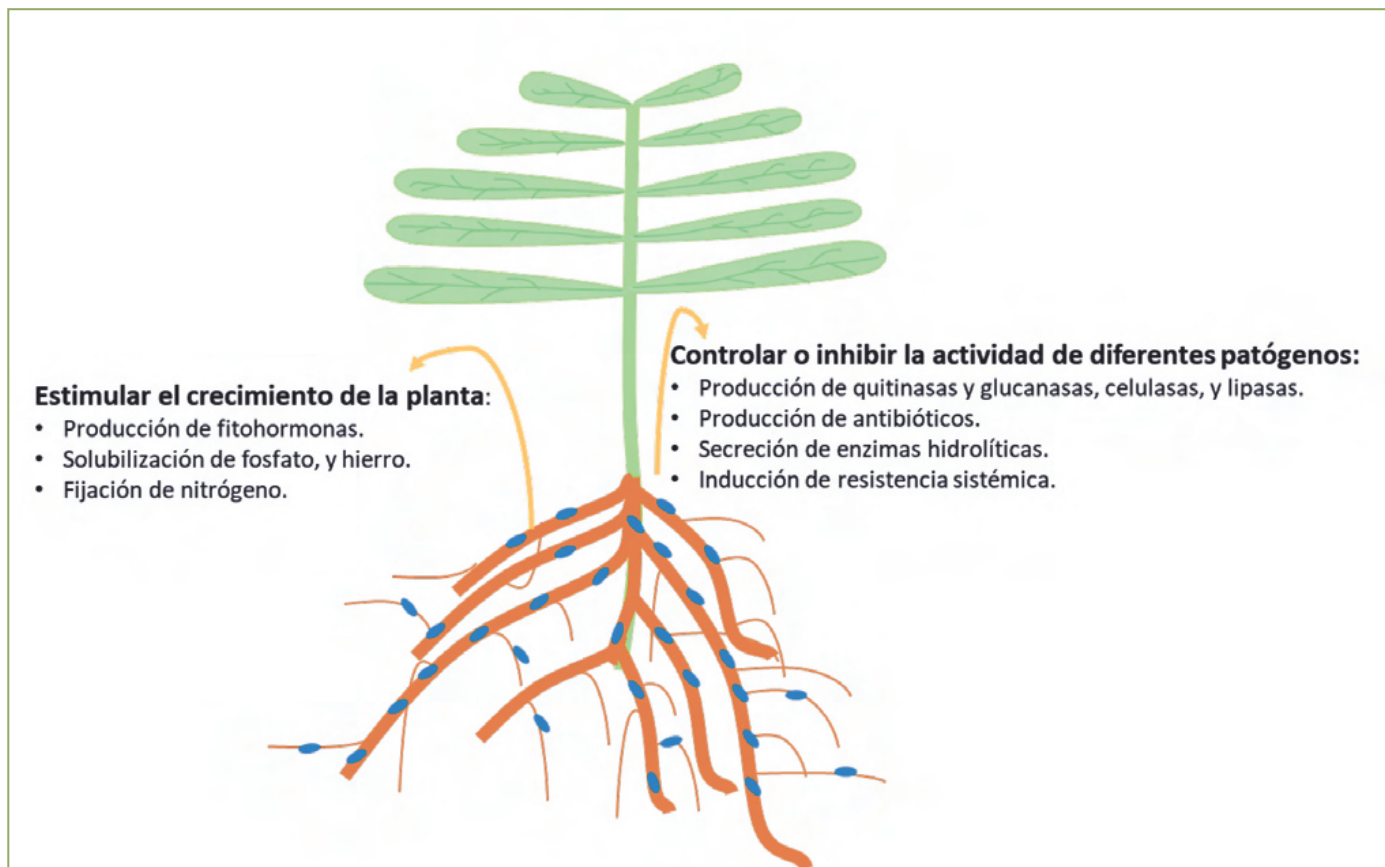
Recordemos que las plantas son organismos sésiles, razón por la que han de adaptarse al medio en el que viven. Uno de los mecanismos que han desarrollado más importantes es la producción de metabolitos secundarios, los cuales, bajo los estímulos adecuados se puede incrementar o disminuir su producción. Estos metabolitos secundarios se caracterizan por tener propiedades funcionales frente a diferentes factores de estrés como puede ser la radiación, el calor, el frío, la sequía, la salinidad, metales pesados, herbívoros, insectos, nematodos, etc. Es por todo esto que los bioestimulantes, además de aumentar el rendimiento y la calidad del cultivo, pueden mitigar tensiones ambientales, efectos que ya han sido documentados (Wink, 2108). En la naturaleza, las plantas se adaptan a condiciones ambientales desfavorables reajustando su metabolismo, señalización celular y expresión génica en respuesta a los factores de estrés. La tolerancia al estrés en las plantas es en gran parte dependiente de la robustez de estas complejas respuestas al estrés (Zhu, 2016). Curiosamente, las plantas poseen la capacidad de regular sus rutas metabólicas en función de los estímulos que recibe del ambiente que le rodea, un ejemplo es la inducción producida en cuanto a las moléculas defensivas de las plantas, si estas han experimentado un estrés previo. Muchos estudios han demostrado que las plantas pre-expuestas a un microorganismo beneficioso muestran una aptitud mejorada en comparación con la de las plantas no pre-expuestas. (Conrath, 2011; Gutierrez Albánchez, 2018). Las plantas pre-expuestas han alterado los estados fisiológicos, bioquímicos y epigenéticos, y son capaces de inducir respuestas más robustas (Gutierrez Albánchez, 2018).

**Ignacio Horche**

CEO Green Universe

**Enrique Gutierrez**

Director de Investigaciones  
Microbiológicas Green  
Universe



**Figura 1.** Representación gráfica de los efectos de los microorganismos beneficiosos en las plantas. Los microorganismos al colonizar la superficie radical pueden estimular el crecimiento vegetal, o bien controlar o inhibir la actividad de diferentes patógenos (Beneduzi, 2012; Zahir, 2004).

En la actualidad, el uso de productos biológicos se está volviendo más popular para mejorar el rendimiento de los cultivos en un sistema integrado de manejo de nutrientes para plantas, sustituyendo los fertilizantes de uso tradicional basados en sustancias químicas, que son responsables de la producción de residuos, empeoramiento del suelo a lo largo del tiempo y riesgos en la cadena de consumo. En este sentido, el uso de microorganismos como fertilizantes biológicos ha encontrado un papel potencial en el desarrollo de sistemas sostenibles en la producción de cultivos. En estos momentos existe una gran variedad de microorganismos simbióticos (*Rhizobium* sp.) y no simbióticos (*Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, y *Klebsiella* sp., etc.) que están siendo utilizados en todo el mundo con el objetivo de mejorar la productividad y la calidad de los cultivos.

El siguiente paso consistiría en identificar qué molécula o conjunto de moléculas pertenecientes al microorganismo usado están produciendo el efecto, los bioinductores, ya que desde nuestro punto de vista estas moléculas tienen grandes ventajas sobre el uso directo del microorganismo. En primer lugar, se usan de forma general a concentraciones muy bajas, del orden de partes por millón (Meng, 2019), y, en segundo lugar, no se añade ningún microorganismo externo al entorno en el que la planta se encuentra creciendo. Son por estas razones por lo que encontramos tanto su identificación como su aislamiento un aspecto fundamental en el desarrollo de nuevos bioestimulantes.

Los bioinductores que producen el efecto beneficioso sobre la planta pertenecen de forma general al metabolismo secundario del microorganismo. Los metabolitos bacterianos se dividen típicamente en dos categorías, primarios y secundarios. Los metabolitos primarios son las moléculas de la vida, los conjuntos de moléculas que las bacterias utilizan para obtener energía y construir los precursores, cofactores y polímeros biológicos que permiten el crecimiento y la proliferación. Estas moléculas dominan el crecimiento de la fase exponencial. Se encuentran dentro de la célula y generalmente se cargan para evitar la difusión a través de la (s) membrana (s) celular (es). Los metabolitos secundarios, por otro lado, son compuestos de bajo peso molecular predominantemente extracelulares que facilitan la interacción de un microbio con su entorno. Debido a que deben pasar a través de la membrana celular no solo del huésped endógeno sino, en algunos casos, también del organismo objetivo, por lo general no están cargados y no son polares. Los metabolitos secundarios pueden producirse a lo largo del crecimiento bacteriano, pero generalmente dominan los estilos de vida en fase estacionaria y exponencial tardía.

El trabajo durante el siglo pasado ha proporcionado una imagen detallada, cuantitativa y holística del metabolismo primario (Heinemann, 2010; Reaves, 2011). Este tipo de comprensión aún no está disponible para el metabolismo secundario. No sabemos cuán vasto es; el metaboloma secundario completo aún no se ha dilucidado para ninguna bacteria. Pero teniendo en cuenta los recientes avances tecnológicos, podemos preguntarnos: ¿son al-

canzables estas ideas y cuáles son los desafíos que implica hacerlo? Una comparación con el metabolismo primario es especialmente útil aquí: el metabolismo primario es necesario para el crecimiento y la proliferación. Como resultado, todas las rutas metabólicas principales están activas, y las enzimas correspondientes generalmente son robustas y se expresan en altas concentraciones dentro de la célula. Ese no es el caso del metabolismo secundario, que no es necesario para el crecimiento, y la mayoría de las rutas biosintéticas de los metabolitos secundarios están desactivadas; es decir, los genes biosintéticos co-

respondientes no se expresan en condiciones normales de crecimiento en el laboratorio. Estos genes o grupos de genes se conocen como 'silenciosos' o 'crípticos' (Baltz, 2017; Lewinsohn, 2009). Por lo tanto, los principales desafíos que deben abordarse son la naturaleza silenciosa del metabolismo secundario y la capacidad de estudiar, tanto química como biológicamente, muchos productos naturales divergentes.

## Bibliografía

- ! Anónimo. 2016. "Biostimulants Market by Active Ingredient (Humic Substances, Amino Acids, Seaweed Extracts, Microbial Amendments), Crop Type (Fruits & Vegetables, Cereals, Turf & Ornamentals), Application Method, Form, and Region – Global Forecast to 2025." accessed 06/05/2019.
- Baltz, Richard H. 2017. "Gifted microbes for genome mining and natural product discovery." *Journal of industrial microbiology & biotechnology* 44 (4-5):573-588.
- Beneduzi, Anelise, Adriana Ambrosini, and Luciana MP Passaglia. 2012. "Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): their potential as antagonists and biocontrol agents." *Genetics and molecular biology* 35 (4):1044-1051.
- Brakhage, Axel A, and Volker Schroeckh. 2011. "Fungal secondary metabolites—strategies to activate silent gene clusters." *Fungal Genetics and Biology* 48 (1):15-22.
- Brierley, JA. 1985. "Use of microorganisms for mining metals."
- Conrath, Uwe. 2011. "Molecular aspects of defence priming." *Trends in plant science* 16 (10):524-531.
- Davison, John. 1988. "Bio/Technology," . " *Plant Beneficial Bacteria* 6:282-286.
- Glick, Bernard R. 2003. "Phytoremediation: synergistic use of plants and bacteria to clean up the environment." *Biotechnology advances* 21 (5):383-393.
- Gutierrez Albanchez, Enrique, Ana García-Villaraco, José A Lucas, Francisco J Gutierrez, and Beatriz Ramos-Solano. 2018. "Priming fingerprint induced by *Bacillus amyloliquefaciens* QV15, a common pattern in *Arabidopsis thaliana* and in field-grown blackberry." *Journal of Plant Interactions* 13 (1):398-408.
- Heinemann, Matthias, and Uwe Sauer. 2010. "Systems biology of microbial metabolism." *Current opinion in microbiology* 13 (3):337-343.
- Kannoija, Pooja, Krishna Kumar Choudhary, Akhileshwar Kumar Srivastava, and Amit Kishore Singh. 2019. "PGPR Bioelicitors: Induced Systemic Resistance (ISR) and Proteomic Perspective on Biocontrol." In *PGPR Amelioration in Sustainable Agriculture*, 67-84. Elsevier.
- Khosravi, Anahita, Mehdi Zarei, and Abdolmajid Ronaghi. 2018. "Effect of PGPR, phosphate sources and vermicompost on growth and nutrients uptake by lettuce in a calcareous soil." *Journal of Plant Nutrition* 41 (1):80-89.
- Lewinsohn, Efraim, and Mark Gijzen. 2009. "Phytochemical diversity: The sounds of silent metabolism." *Plant Science* 176 (2):161-169.
- Meng, Qingfeng, Ravi Gupta, Chul Woo Min, Jongyun Kim, Katharina Kramer, Yiming Wang, Sang-Ryeol Park, Iris Finkemeier, and Sun Tae Kim. 2019. "A proteomic insight into the MSP1 and flg22 induced signaling in *Oryza sativa* leaves." *Journal of proteomics* 196:120-130.
- Reaves, Marshall Louis, and Joshua D Rabinowitz. 2011. "Metabolomics in systems microbiology." *Current opinion in biotechnology* 22 (1):17-25.
- Wani, M Younus, S Mehraj, RA Rather, S Rani, OA Hajam, NA Ganie, MR Mir, MF Baqual, and Afifa S Kamili. 2018. "Systemic acquired resistance (SAR): A novel strategy for plant protection with reference to mulberry." *IJCS* 6 (2):1184-1192.
- Wink, Michael. 2018. "Introduction: biochemistry, physiology and ecological functions of secondary metabolites." *Annual Plant Reviews online*:1-19.
- Zahir, Zahir A, Muhammad Arshad, and William T Frankenberger. 2004. "Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture." *Advances in Agronomy* 81 (1):98-169.
- Zhu, Jian-Kang. 2016. "Abiotic stress signaling and responses in plants." *Cell* 167 (2):313-324.

# Epigenética nutricional

Epigen Technology, tecnología desarrollada por Keops Agro a través de la experiencia de veinte años produciendo en ecológico. A través del tiempo se ha descubierto cómo hay que fijarse más allá de la planta para conseguir una biosanidad y biofertilización adecuada. De ahí que se empezó a conocer todo un mundo invisible a nuestros ojos, pero que afecta todo lo que nos rodea, la microbiología. La microbiota propia de cada sistema productivo es la clave para obtener cultivos sanos y muy productivos. Esta tecnología será presentada por Francisco Javier del Águila, gerente de Keops Agro, en Microbioma Forum los días 29 y 30 de Mayo, y estará expuesta en stand a través de Viagro, su distribuidor en la península ibérica.

**Francisco Javier del Águila Capel**

Gerente Keops Agro

Epigen Technology (epigenética nutricional) consiste en aplicar nutrientes diana, que podrán influir en la nutrición de la planta y, principalmente, en la microbiota del sistema productivo. Dependiendo a qué microbiología afecte, tendremos soluciones que mejoran la fisiología vegetal, o fortaleceremos microbiota benéfica ante ataques y enfermedades propias de los cultivos, e incluso favoreciendo la calidad de poscosecha en los lineales de compra. Por tanto, para Epigen Technology no solo son insumos; los factores como el sol, la ventilación, el estrés, etc., van a influir en la sanidad de la planta, ya que todo esto afecta a la microbiota. Epigen Technology se centra en equilibrar la planta a través de bionutrientes para que crezca sana y con todo el aporte de nutrientes que pueda precisar a lo largo de su ciclo vital, activando los elementos del ecosistema que potencian la salud vegetal y evita o anulan su estrés.

Además, tal y como sucede en los seres humanos, algunos de los alimentos que tomamos pueden repeler insectos en lugares donde éstos proliferan, como sucede con el picante en América del

Sur. Las personas de estas latitudes ingieren alimentos con altas dosis de picante para evitar las picaduras de insectos; igualmente sucede en el caso de las plantas, pudiéndose evitar así plagas en las cosechas.

La epigenética persigue la activación de la microbiología benéfica, no solo de la planta sino de su entorno a través de la bionutrición. Se favorece que el medio sea más favorable a organismos benéficos en contra de organismos patógenos.

