

YarAvances Agronómicos

YarAvances Agronómicos de Yara Colombia, es una iniciativa que apoya nuestro compromiso de compartir conocimiento con el sector agrícola colombiano. Este boletín está dedicado a temas específicos de interés agronómico, como resultados de investigación (locales e internacionales) relacionados con nutrición de cultivos, avances en innovación digital, novedades en sostenibilidad y finalmente recomendaciones para mejorar las prácticas de nutrición de cultivos en Colombia. A través de este boletín queremos ratificar nuestra apuesta por construir juntos un Futuro Alimentario Positivo para la Naturaleza

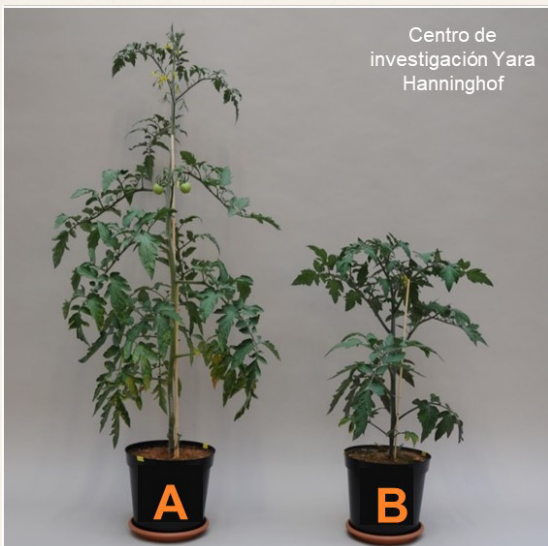
¿Qué es un bioestimulante?

Hay muchas definiciones de lo que es un bioestimulante; sin embargo, la más aceptada a nivel global es la de IFA, que define: **Los bioestimulantes vegetales son productos que contienen sustancias y/o microorganismos cuya función, al ser aplicados a las plantas o a la rizosfera, estimulan los procesos naturales, independientemente del contenido de nutrientes del producto, para mejorar/beneficiar la absorción de nutrientes, la tolerancia al estrés abiótico, el rendimiento y la calidad de los cultivos**".

Si bien los bioestimulantes como grupo general abarcan los puntos mencionados más arriba, **es importante tener en cuenta un concepto para definir su uso:**

Son un complemento a las demás herramientas que utilizamos en los sistemas productivos: Para la nutrición están los fertilizantes, foliares o edáficos, para el control de plagas, los insecticidas. **Los bioestimulantes vienen a mejorar la eficiencia en el uso de los otros recursos, por ejemplo, ayudando a la planta a tolerar mejor una condición de estrés,** logrando que los nutrientes se utilicen de una forma más eficiente. En la siguiente imagen se ve el impacto que tiene una condición de estrés por temperaturas en el crecimiento, por ejemplo del cultivo de tomate.

Plantas de Tomate (6 semanas de edad)
Con la misma dosis y fuente de nutrientes

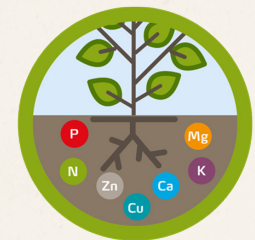


A: Rango de temperatura entre 28/16°C, día y noche respectivamente.

B: Rango de temperatura entre 20/8°C, día y noche respectivamente.



1 Mejor tolerancia al estrés abiótico



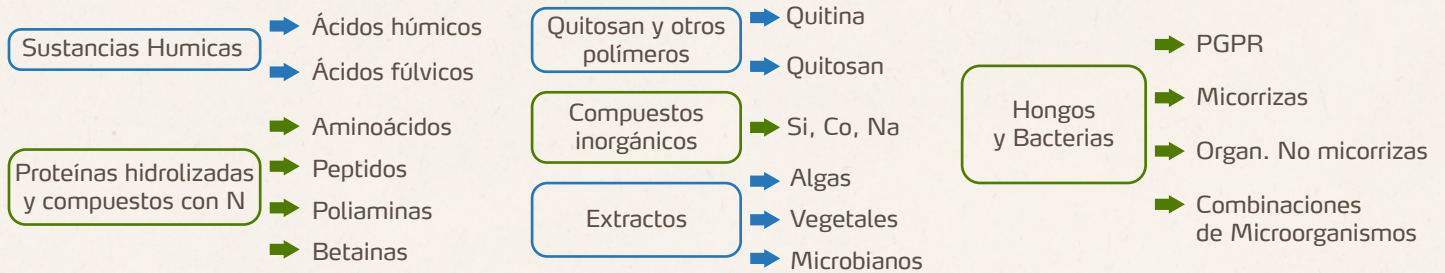
2 Mejor eficiencia en el uso de nutrientes



3 Mejor calidad del cultivo

¿Cómo se clasifican los bioestimulantes?

Los orígenes de las sustancias que se utilizan para la síntesis de los bioestimulantes son variados, desde microorganismos hasta extractos de diferentes algas, pasando por las sustancias húmicas. Abajo se detalla un cuadro con la clasificación más aceptada que existe por grupos¹:



Cada uno de los grupos actúa por medio de diferentes vías para lograr los objetivos de mejorar/beneficiar la absorción de nutrientes, la eficiencia de los nutrientes, la tolerancia al estrés abiótico, el rendimiento y la calidad de los cultivos, pudiendo ser la interferencia en los mecanismos hormonales de la planta, de síntesis o supresión de proteínas y genes, o activando o desactivando procesos metabólicos específicos a nivel de la célula. **Es importante que los efectos que se logren aplicando un bioestimulante que tengan la capacidad de replicar ese efecto de nivel celular a nivel de tejido, luego a nivel de órgano para que podamos lograr un impacto a nivel productivo.**

Efectos de los bioestimulantes en los cultivos:

mejorar la tolerancia al estrés abiótico

Primero definamos que es una condición de estrés abiótico para las plantas.

"El estrés abiótico en las plantas se refiere a las condiciones ambientales adversas que superan el rango óptimo para el crecimiento y desarrollo de las plantas, y que provocan una disminución en la tasa de crecimiento y/o una disrupción de las funciones fisiológicas normales."²

Este tipo de estrés puede ser causado por factores abióticos como la sequía, la salinidad, las altas o bajas temperaturas, el exceso o la falta de luz, la presencia de metales pesados, la radiación ultravioleta, entre otros. Estas condiciones adversas pueden provocar desequilibrios en el equilibrio hídrico de la planta, la acumulación de especies reactivas de oxígeno, daños en las membranas celulares, alteraciones en la fotosíntesis y enzimas, y afectar negativamente los procesos fisiológicos y bioquímicos esenciales para el desarrollo normal de las plantas.

Es importante destacar que la tolerancia al estrés abiótico puede variar entre diferentes especies vegetales e incluso dentro de la misma especie, y que las respuestas adaptativas de las plantas pueden ser diversas, desde mecanismos bioquímicos y fisiológicos hasta cambios morfológicos y de crecimiento.

Cuando una planta se encuentra bajo una condición de estrés abiótico, experimenta una serie de respuestas fisiológicas y bioquímicas en un intento por sobrevivir y adaptarse a su entorno desafiante, a continuación se detallan algunas de las respuestas más comunes que se pueden observar en función de cada tipo de estrés:

Estrés hídrico/térmico: una planta sometida a estrés abiótico puede experimentar cambios en su equilibrio hídrico. Por ejemplo, en condiciones de sequía, la planta reduce la pérdida de agua cerrando sus estomas. Este cierre estomático disminuye la fotosíntesis, pero ayuda a conservar el agua en los tejidos y evita el marchitamiento. Esto sucede de manera paralela con un cambio en el equilibrio hormonal, con aumento de los niveles de ácido abscísico y los niveles de proteínas antioxidantes, por ejemplo:



Los bioestimulantes ayudan a generar una respuesta en el cultivo activando mecanismos genéticos que mejoren la condición de crecimiento en este ambiente, que puede estar vinculada a una activación o supresión de genes que regulan el contenido hídrico (por mecanismos estomáticos), la síntesis de proteínas que actúan sobre los radicales libres de oxígeno o la fotosíntesis.

Tomato – Gene expression

Transcriptomics & Bioinformatics

- RNA-seq using Next Generation Sequencing (NGS)
- Differential gene expression analysis (DGE)

Differential gene expression after 7 days of drought				
	Number of genes modulated			Process
	Total	Up	Down	
BioMaris™ vs stressed	164	135	29	Tolerance

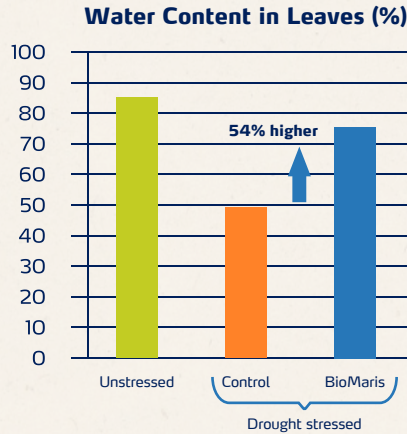
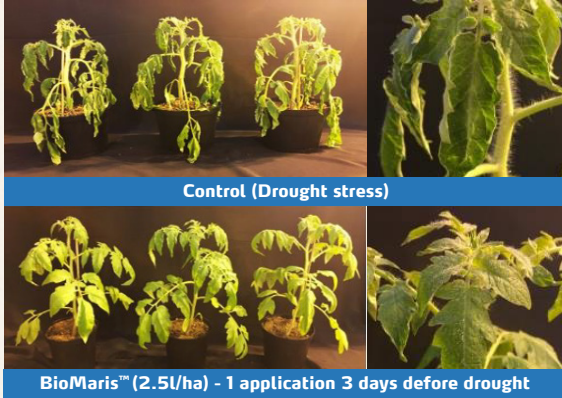
No stress Stressed BioMaris™ + Stressed

*Modulation of different genes compared to non treated stressed plants that are involved in the priming mechanism and stress adaptations.

YaraVita BioMaris™ applied before drought influenced the gene expression and reduced stress of tomato plants.

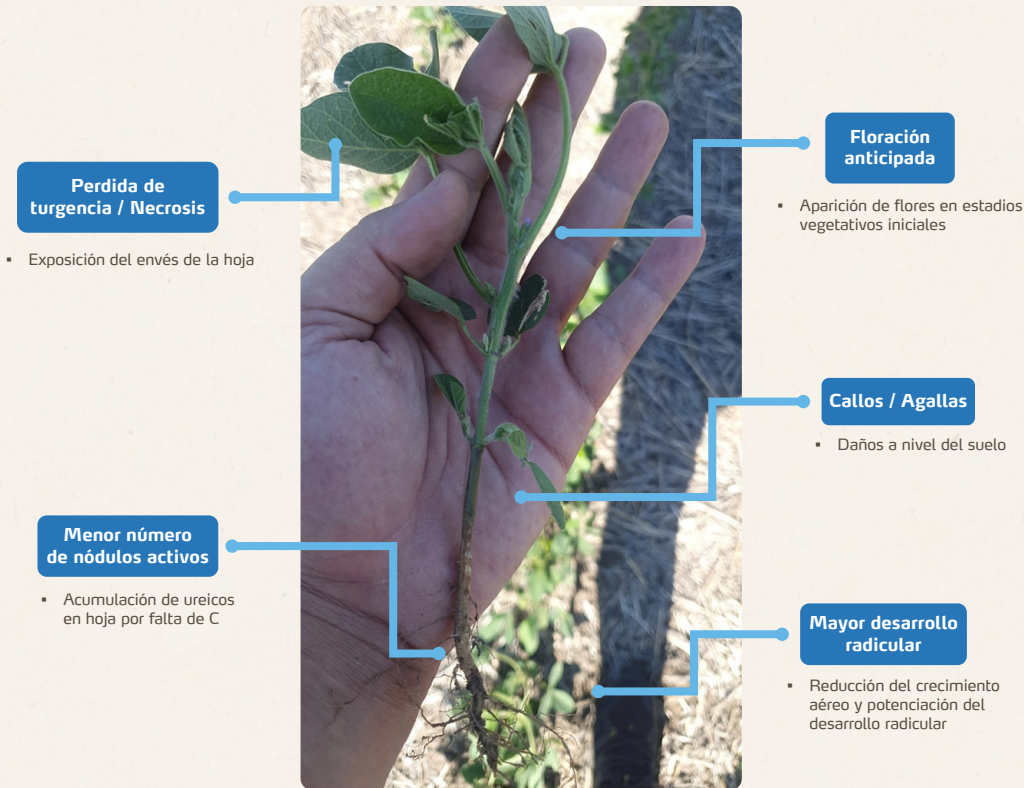
Knowledge grows

Tomato – Plant growth & water content



Muchas veces en situaciones de campo, la condición de estrés por baja oferta hídrica está combinada con una de altas temperaturas, con lo que los efectos o la respuesta que se ve en el cultivo es un complejo grupo de cambios fisiológicos, metabólicos y morfológicos como los que se detallan abajo:

- Acumulación de ureidos en hoja
- Caída de la eficiencia cuántica máxima del fotosistema II
- Producción de osmolitos
- Síntesis de Proteínas antioxidantes
- Síntesis de antioxidantes
- Caída de la conductancia estomática
- Aumento del pH de la vía xilemática
- Cavitación de los vasos xilemáticos
- Aumento de la rigidez de las paredes
- Disminución del diámetro y cantidad de vasos xilemáticos
- Aumentos ROS
- Aumento de temperatura



El aumento de la temperatura de la planta, por su parte, genera un efecto doblemente negativo sobre el balance de carbono, disminuyendo la fotosíntesis (por menor disponibilidad de carbono y por salida de la temperatura óptima) y, por otro lado, un aumento de la respiración, ya que esta se incrementa con temperaturas más altas que la fotosíntesis.

Estrés salino: La salinidad es un estrés abiótico complejo, que simultáneamente presenta componentes osmóticos e iónicos. Por ello, una concentración elevada de sales en el medio radical afecta negativamente el desarrollo de la planta, debido fundamentalmente a los efectos hiperosmóticos e hiperiónicos del estrés³.

Un mecanismo común para afrontar este estrés es la acumulación de solutos compatibles, como aminoácidos, prolina y azúcares solubles. Estos solutos ayudan a mantener el equilibrio osmótico en las células y protegen las estructuras celulares de la deshidratación. Además, pueden activarse ciertos transportadores y que sucedan cambios en la movilidad de determinados componentes dentro de la planta. Esto da como resultado una disminución de la tasa de crecimiento.

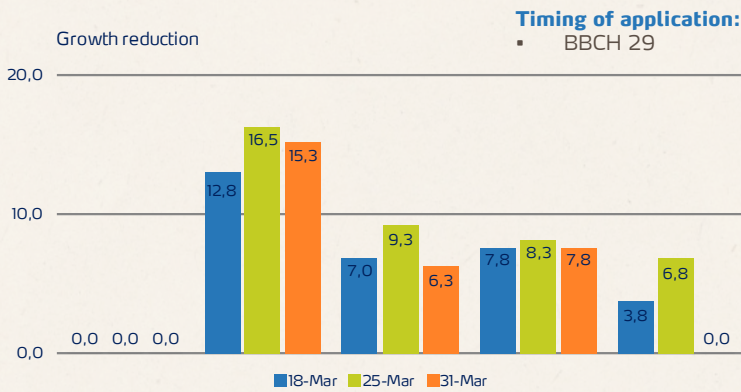
Estrés por herbicidas: en los sistemas de producción actuales los herbicidas pueden tener efectos negativos en los cultivos (pero menos negativo que el no control de las malezas) por dos vías diferentes, una directa, la aplicación de un herbicida en un cultivo sensible o porque este genera un cierto grado de fitotoxicidad en el cultivo, una indirecta es por el carry over que se da ya sea por acumulación o por la no degradación de activos que tienen impacto negativo en los cultivos.

Independientemente de la vía, este tipo de herbicidas suelen interferir con procesos fisiológicos claves, como la fotosíntesis, la respiración y la síntesis de proteínas. Como resultado, las plantas experimentan una disminución en su tasa de crecimiento, lo que se traduce en un menor desarrollo de tallos, hojas y raíces. Además, la fitotoxicidad puede inhibir la formación de nuevos brotes y afectar la producción de flores y frutos, lo que tiene un impacto negativo en el rendimiento del cultivo. Se pueden desencadenar desequilibrios en el metabolismo de las plantas, afectando la asimilación y utilización de nutrientes esenciales. Algunos herbicidas pueden interferir con la absorción de nutrientes. Además, los daños de fitotoxicidad pueden desencadenar respuestas de estrés oxidativo en las plantas, lo que conduce a la acumulación de especies reactivas de oxígeno y daños en las estructuras celulares.

Ante estas situaciones es clave trabajar a nivel de los radicales libres de oxígeno y activar los mecanismos de la planta para maximizar la tasa de crecimiento del cultivo y aumentar la acumulación de biomasa. Compuestos como las vitaminas, azúcares orgánicos, el efecto fitohormonal y determinadas proteínas que están entre los compuestos bioactivos de los bioestimulantes ayudan a estos procesos, **como se observa en las imágenes:**

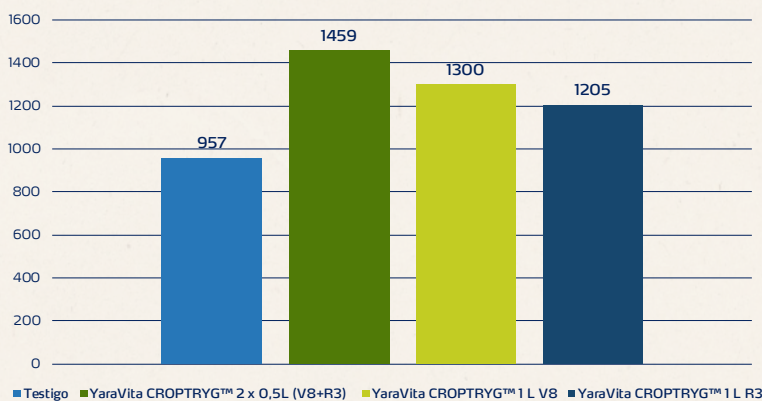


Knowledge grows



YaraVita BioMaris™ reduced phytotoxicity symptoms compared to the corresponding control

Independientemente del tipo de estrés al que nos estemos enfrentando, "preparar" a la planta para enfrentar esa condición, es mucho más efectivo que "curar" a nuestros cultivos de la condición de estrés:



En la gráfica vemos la respuesta del cultivo de soja a una condición de estrés (térmico e hídrico) en R3, como una misma dosis, pero aplicada de manera preventiva, tiene una respuesta mayor que aquella en la cual vamos a solucionar el problema del estrés. Otra de las conclusiones a las que podemos llegar es que, independientemente del momento, la respuesta al uso de bioestimulantes es consistente.

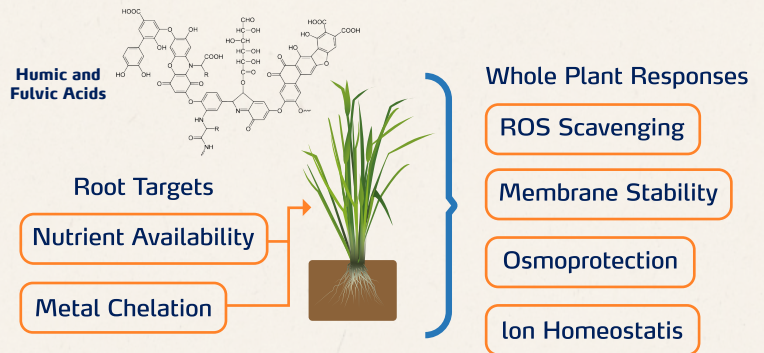
Efectos de los bioestimulantes en los cultivos:

Mejorar/beneficiar la absorción de nutrientes

Al igual que cuando hablamos del estrés, los mecanismos por los cuales los bioestimulantes mejoran/benefician la absorción de nutrientes son variados y diversos, incluyendo variaciones metabólicas y morfológicas en las plantas. Cuando esos nutrientes provienen de fertilizantes, es importante que estos se manejen con el esquema de las 4R (Fuente, Momento, Dosis y Lugar).

A su vez, los mecanismos incluyen un efecto positivo sobre el sistema, no solo en la planta, sino que algunos de estos se reflejan en una mejora del suelo o de la rizosfera⁴ que luego se traslada a un efecto a nivel de cultivo también.

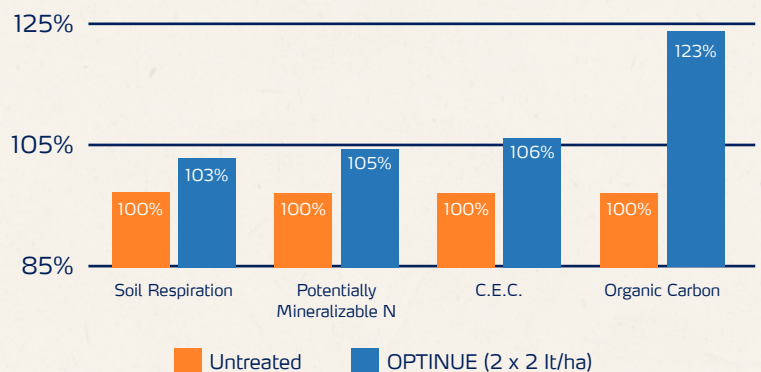
KEY MECHANISMS TARGETED BY HUMIC AND FULVIC ACID BASED BIOSTIMULANTS



A continuación se describen algunos de los efectos más comunes en los sistemas por el uso de bioestimulantes que tienen un efecto positivo sobre la nutrición:

Mejora de la estructura del suelo: Algunos bioestimulantes pueden promover el desarrollo de microorganismos benéficos en el suelo que mejoran la estructura del suelo y aumentan la disponibilidad de nutrientes para las raíces de las plantas. Además, el hecho de actuar como un recubrimiento de las partículas del suelo genera un mejor acomodamiento de las mismas, logrando retener mejor el agua y aumentando la **CIC** del mismo.

% VS Untreated



Knowledge grows

Estimulación del crecimiento de raíces: Los bioestimulantes contienen compuestos bioactivos, como hormonas y enzimas, que estimulan el crecimiento y desarrollo de las raíces. Un sistema radicular más desarrollado y saludable permite una mayor superficie de absorción de nutrientes, lo que mejora la capacidad de la planta para obtener nutrientes del suelo.

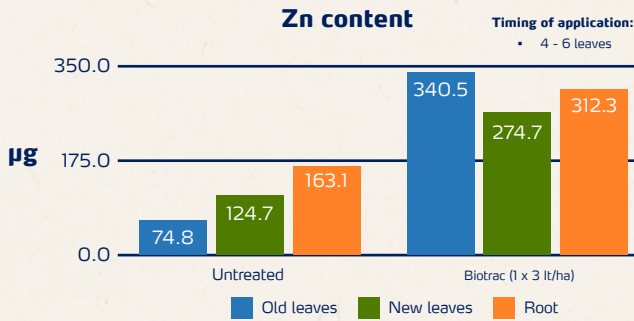
Green beans – Stimulation of plant growth



YaraVita BioMaris™ stimulated plant and root growth compared to the untreated.

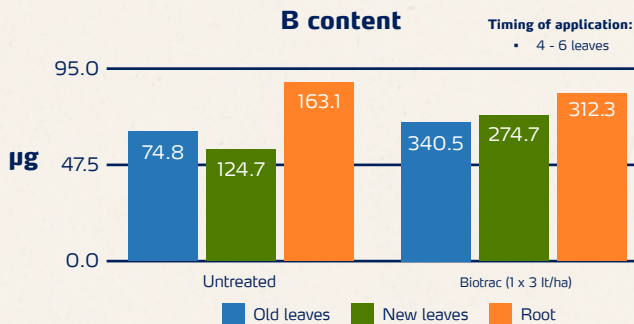
Aumento de la absorción de nutrientes: Pueden mejorar la absorción de nutrientes esenciales al activar la expresión de transportadores de nutrientes en las membranas de las células. Otra de las variables que afectan la absorción de nutrientes está relacionada con el estrés abiótico, muchos de los nutrientes ingresan al cultivo por medio del flujo transpiratorio, tener una planta en activo crecimiento permite que los estomas estén abiertos y que ese flujo se mantenga. Por otro lado, y relacionado con algunos grupos específicos como las leguminosas, disponer de más fotoasimilados por un lado es mayor energía a disposición de la relación simbiótica y son más esqueletos carbonados para tomar el N proveniente de los nódulos.

Radish - Zinc content



YaraVita BIOTRAC™ increased Zn content in leaves (120% - 355%) and roots (91%) compared to the untreated

Radish - Boron content



YaraVita BIOTRAC™ increased B content in leaves (21% - 35%) compared to the untreated

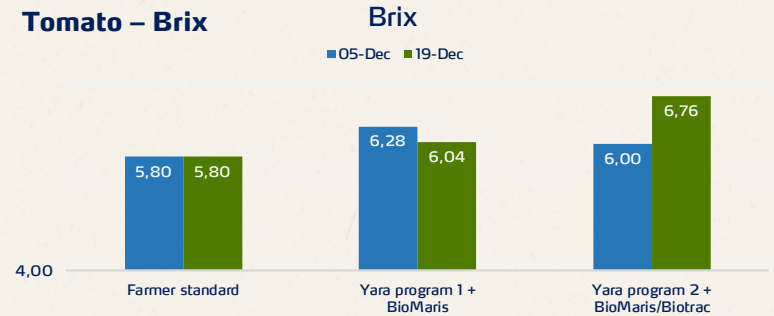
Efectos de los bioestimulantes en los cultivos:

Mejorar/beneficiar la calidad en los cultivos

Hablar de calidad de cultivos implica un amplio rango de variables que podemos evaluar o medir en función cuál sea el objetivo que tenemos, por ejemplo, pueden ser características de peso (peso de cabeza o tamaño de fruto), contenido, determinados elementos (Brix) o la duración de la vida postcosecha. Sea cual fuera el objetivo que tenemos, a través del uso de bioestimulantes podemos generar un efecto positivo en ellos, si como condición, debemos tener en claro que las herramientas y los momentos pueden variar según sea el objetivo que busquemos.

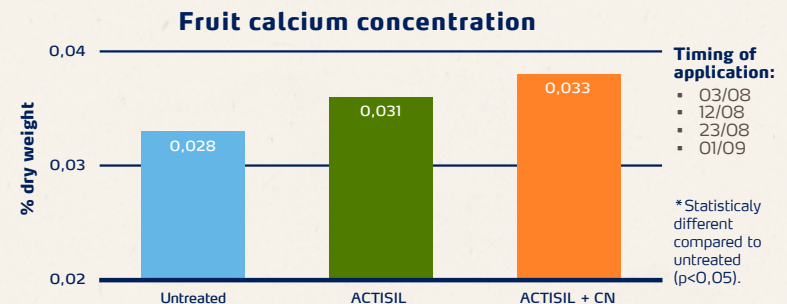
Aumento en la concentración de azúcares: el primer impacto positivo que tienen los bioestimulantes es aumentar la cantidad de fotoasimilados disponibles para los frutos, aunque esto no es lo único que se necesita para que los frutos concentren más azúcares, además los bioestimulantes pueden generar desde cambios hormonales que modifiquen la partición de azúcares en la planta, así como incrementar la absorción de nutrientes relacionada con el movimiento de los carbohidratos:

Tomato – Brix



Acumulación de Calcio: el calcio es uno de los elementos críticos para la formación y estabilidad de la pared celular de las células vegetales. Un mayor contenido de este elemento en la fruta puede fortalecer las paredes celulares y en consecuencia, aumentar la firmeza y la textura del fruto. Una fruta más firme puede tener una vida útil más prolongada y ser menos propensa a daños mecánicos durante la manipulación, transporte y almacenamiento. Además, ayuda a prevenir diferentes trastornos fisiológicos en la fruta y mejora algunas de las características organolépticas de muchas frutas.

Apple – Calcium concentration



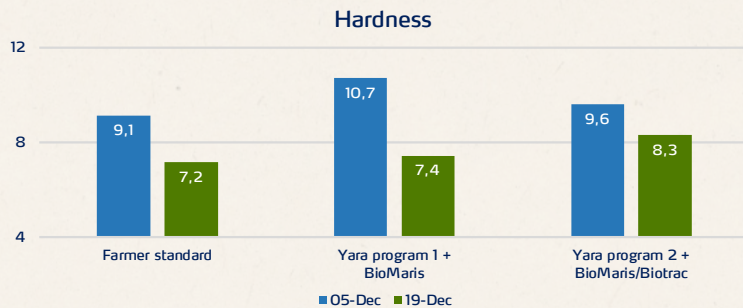
YaraVita ACTISIL™ treatments improved calcium content compared to untreated (10.7-17.9%).



Knowledge grows

Mejora en las paredes celulares: para mejorar la vida postcosecha, en términos de reducción de las pérdidas de peso o el impacto de diversas enfermedades, es necesario trabajar durante la etapa de desarrollo del fruto con una combinación de nutrición y bioestimulación, los primeros para aportar los elementos necesarios para construir las paredes, y los segundos para dar las señales al cultivo que active o mejore los mecanismos de acumulación de las paredes celulares.

Tomato – Fruit hardness



Yara programs increased fruit hardness compared to farmer standard (3.8-17.3%).

Tomato – Stem strength



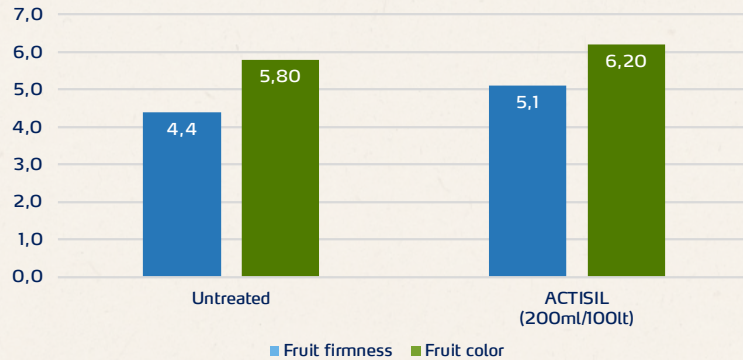
Untreated control

YaraVita ACTISIL™

YaraVita ACTISIL™ increased stem strength compared to untreated

Tomato – Qualitative parameters post harvest

10 days after storage at room temperature



YaraVita ACTISIL™ increased fruit firmness (6.9%) and color (15.9%) compared to untreated.

Conclusión:

Los bioestimulantes son una herramienta clave en los sistemas productivos, más en condiciones cada vez más cambiantes. Debemos tener en claro que objetivos buscamos con su uso, haciendo un correcto diagnóstico de la situación, que nos permita seleccionar la mejor herramienta, con la cual vamos a lograr incrementar la productividad de nuestros cultivos. Es importante recordar que son una herramienta complementaria a la nutrición y el manejo del estrés biótico.

Bibliografía:

- 1 Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation, Patrick du Jardin
- 2 Taiz, L. and E. Zeiger. 2010. Plant physiology. 5th edition. Sinauer associates. Sunderland, MA, USA. 782 p.
- 3 Stress effect of NaCl on growth and water relations in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) during the growing Dr.C. D. MoralesI. y Dr.C. J. MI. Dell'Amicol, Dr.C. P. RodríguezII, Dr. A. TorrecillasIII y Dra. María de J. Sánchez-BlancoIV
- 4 The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants Michael James Van Oosten, Olimpia Pepe, Stefania De Pascale, Silvia Silletti and Albino Maggio