

Entre los principales micronutrientes, el boro tiene gran importancia porque su deficiencia ocurre en muchos tipos de suelos en todo el mundo. Una de las características fundamentales del déficit de boro en la agricultura es que su carencia inhibe los tejidos de crecimiento de las plantas, especialmente las estructuras reproductivas, las que representan el 80% de los productos agrícolas mundiales. En otras palabras, el boro afecta directamente lo que comemos o las fibras que usamos para vestirnos. Pero hasta hace poco, pese a su importancia, el mercado de fertilizantes a base de boro se mostraba bastante estancado. La deficiencia de boro es transitoria en muchos cultivos y por lo tanto es muy difícil de prevenir. Pero eso está cambiando, en muchas zonas del mundo se han incorporado tratamiento profilácticos frecuentes para prevenir su deficiencia, muchas nuevas empresas están desarrollando productos en base a boro y los investigadores avanzan en la comprensión del impacto del boro en biología y también desarrollan nuevos enfoques biotecnológicos para enfrentar esta deficiencia.

# Boro: Probablemente el más importante de los micronutrientes por



GENTILEZA: NAI

los próximos años se concentrarán en entender el rol del B en todo los sistemas biológicos.

**UNA ENTREVISTA CON EL DR. PATRICK H. BROWN, Profesor de Nutrición Vegetal, Universidad de California, Davis, Estados Unidos.**

El rol del boro en las plantas fue establecido como esencial recién en 1923. El ácido bórico fue el primer producto recomendado para aplicaciones foliares a partir de mediados de los años 30s. A principios de los 50s fue desplazado por un producto a base de poliborato de sodio llamado Polybor, que aportaba boro a los cultivos en forma tan efectiva como el ácido bórico pero que se disolvía más rápido en agua. A finales de los 50s Polybor fue reformulado y pasó a llamarse Solubor. Desde entonces Solubor se hizo tan famoso que fue muy difícil que nuevos actores entraran a la industria hasta que en los 80s apareció el boro líquido. Este podría ser una forma de resumir la historia de los productos de boro en la agricultura. Pero ¿qué pasa con la historia de la investigación en boro? Podemos decir que mientras los 80 años anteriores se destinaron a entender el rol del boro en las plantas, las investigaciones de

El Profesor Brown es además en Encargado de los Programas de Educación Internacional de UC Davis y es un experto mundial en boro.

## MÁS CONOCIMIENTOS SOBRE EL ROL DEL BORO EN EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS

**Da la impresión que en el pasado la investigación sobre boro se había concentrado principalmente en el rol del B en el crecimiento de las plantas. ¿Ha habido un cambio de enfoque hacia otros temas?**

**P.H. Brown:** El rol del boro en el crecimiento continúa siendo el enfoque principal, la diferencia es que ahora conocemos algunas investigaciones que nos han ayudado a explicar por qué el crecimiento se ve tan afectado por la deficiencia de boro. Hay dos razones interconectadas que

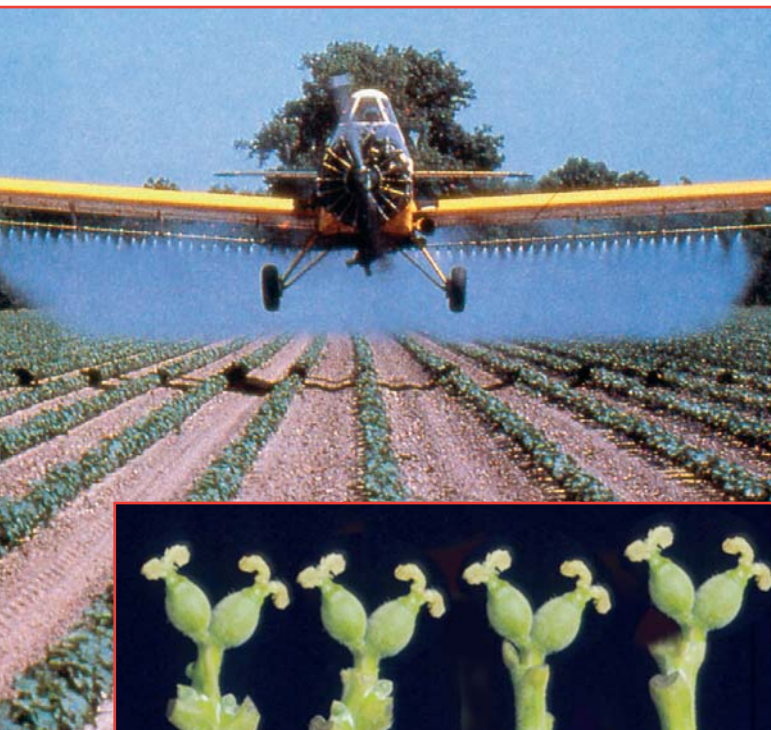


GENTILEZA: ROSIER

explican la sensibilidad del crecimiento al déficit de B. Y entenderlas nos puede ayudar a usar mejor los fertilizantes.

La primera y más importante es que ahora sabemos que el B es un componente fundamental en la pared celular y que es esencial para que la pared celular tenga la estructura química y física que permita su crecimiento. En ausencia de cantidades suficien-

# Mayor mercado de desarrollar en el mundo



GENTILEZA: RIO TINTO MINERALS



GENTILEZA: P. BROWN



GENTILEZA: RIO TINTO MINERALS

tes de B, la pared celular se torna porosa, interrumpiendo los procesos bioquímicos normales y también se rigidiza, lo que restringe la expansión celular, que es la base para el crecimiento. La segunda razón por la que la deficiencia de B afecta el crecimiento es que porque este es un elemento que tiene muy bajo transporte dentro de las plantas. En la mayoría de las especies, el boro se mueve casi exclusivamente en el xilema y a través de movimientos muy limitados- de corta distancia- de una célula a

otra. En la mayoría de las especies, el boro no se mueve en el floema. Una consecuencia de esta limitación es que se debe proveer de boro en forma constante a las plantas todo el tiempo.

**¿Se conoce alguna función real del boro?**

**P.H. Brown:** En 1999 se definió por primera vez un rol definitivo del boro en las plantas. El boro ahora es conocido como un componente estructural de la pared celular y su ausencia se traducirá en que la planta no crecerá. En muchas especies esta inhibición es seguida por muerte de células pero no está claro todavía si esto es consecuencia de la inhibición del crecimiento celular o una indicación de que todavía hay que descubrir otras funciones de B. El boro es esencial en todos los procesos de crecimiento de las plantas: brotes, meristemas, etc. Y algo muy importante es que se ha demostrado que tiene un rol crítico en el crecimiento del tubo polínico en floración. Esto fue demostrado en el 2006 por un grupo de investigadores japoneses. La floración y todo el sistema reproductivo son muy sensibles a la disponibilidad de boro.

**¿Han encontrado situaciones similares con otros micronutrientes?**

No ha habido muchas investigaciones. Algo se ha hecho con cobre y su relación con el tubo polínico y también en calcio y el proceso de crecimiento. Un tema muy importante es que no se sabe mucho acerca de la fisiología de la flor. En algunas especies, como los almendros, hay floración antes de tener hojas en

el árbol, entonces dependes exclusivamente de aportes locales de nutrientes directamente a las hojas. Cuando hay floración en especies como el trigo, con una flor completamente encapsulada, en ausencia de transpiración, dependes de los nutrientes locales o los transportados por el floema. En ambos casos es muy difícil detectar y corregir las deficiencias. Yo creo que hay mucho por investigar en la relación entre nutrición y la fertilidad de la flor y el cuajado.

**También da la impresión de que se sabe poco respecto a los mecanismos de extracción y de transporte del B dentro de las plantas. Mucha gente en el campo solo sigue el predicado de que el B es muy móvil en el suelo y que no se mueve dentro de la planta. ¿Existe alguna novedad al respecto?**

**P.H. Brown:** Esta incertidumbre se debe a que ha faltado la metodología adecuada para medir la extracción de B en concentraciones fisiológicamente relevantes. Estudios recientes han demostrado las primeras mediciones de extracción de B por parte de las raíces y han aportado información definitiva sobre el proceso de extracción de B. En breve: cuando el B está en niveles que van desde suficiente a tóxicos en el suelo, el boro entra a las raíces por difusión junto con la extracción de agua. Cuando las cantidades de B son limitadas,

ENTREVISTA CON

**Robert Guidice**  
**Gerente Comercial para**  
**Latinoamérica**  
**Río Tinto Minerals**



GENTILEZA: RÍO TINTO MINERALS

Río Tinto Minerals fue constituida hace un año con el propósito de integrar los negocios de borato, talco y sal de Río Tinto y así aumentar aún más la eficiencia y los beneficios. A la fecha, la organización ha realineado sus líneas de productos y los activos, y ha desarrollado y construido capacidad instalada en anticipación a la demanda que genere el mercado. Igualmente, Río Tinto ha sobrepasado los estándares de seguridad y ha sido exitosa en el mejoramiento de sus prácticas para así competir más efectivamente en un mercado que cada día se hace más retador.

En cada uno de los continentes, la producción de los cultivos y la calidad de los alimentos se ven disminuidos a causa de la concentración insuficiente de boro en los suelos. Estas deficiencias se pueden rectificar por medio de fertilizantes con base de borato, los cuales se producen con el propósito de satisfacer las diversas necesidades de los agricultores y los distintos métodos de aplicación. En las áreas que presentan deficiencia aguda, los boratos pueden incrementar la producción de los cultivos entre un 30 y un 40 por ciento. Río Tinto Minerals mantiene un amplio portafolio de productos ya que las condiciones de desarrollo y los requerimientos de crecimiento de los cultivos varían ampliamente.

El borato granulado, Granubor®, es una fuente de boro de alta calidad y está diseñado específicamente para los mezcladores a granel. El tamaño de la partícula, la densidad y la durabilidad ayudan a garantizar una distribución uniforme tan-

to en la mezcla como en el campo. Fertibor® es un producto con finos cristalinicos de alta calidad y constituye una excelente fuente de boro para los fertilizantes en suspensión, así como para la manufactura de fertilizantes con amoníaco o fertilizantes granulados y mezclas de micro nutrientes.

El borato soluble, Solubor®, es un concentrado en polvo que contiene un 20,5 % de boro. Su alta solubilidad y rápida disolución lo hacen idóneo para su aplicación en la aspersión foliar o fertigación. El costo de Solubor, en función de cada libra de boro, es menos de la mitad del costo de los productos líquidos que utilizan solventes.

El mercado agrícola continúa siendo un punto focal de envergadura en lo que respecta al desarrollo de la ciencia y los productos para brindar apoyo y soporte a los agricultores en el mundo. Río Tinto Minerals es el único productor de fertilizantes de borato que ofrece a los clientes una data cuya química es eficiente, segura e integral, la cual respalda los registros de producto más robustos en términos de soporte en el mundo. La calidad y la consistencia del producto están garantizadas por medio de un proceso estadístico controlado y a través de un registro de administración y manejo de sistemas de calidad ISO 9001:2000.

creemos que las plantas deben tener un mecanismo que potencia la extracción de B. Este mecanismo requiere de energía y por lo tanto será restringido ya que reduce la fotosíntesis y también se verá afectado por bajas temperaturas en el suelo.

Una vez que el B está en la planta, su movimiento depende mucho de cada especie. De hecho, en muchas especies, la re-

translocación de B de tejido en tejido es muy baja y esencialmente la única fuente de B es a través de extracción directa desde el suelo o aplicaciones foliares de un fertilizante B soluble. Por el contrario, hay varias especies en que el boro es altamente móvil y el transporte de tejido en tejido, de raíz a brote y de brote a raíz es extremadamente rápido. El mecanismo primario para el transporte de B dentro de la planta es que haya presencia de azúcares del alcohol (polioles) dentro del flujo de transporte.

Como consecuencia de estas diferencias en la movilidad de boro dentro de las plantas entre diferentes especies, muchas especies que producen polioles (ej. Melocotón, manzano) son relativamente sensibles a la toxicidad de B debido a que el daño se produce en cultivos meristemáticos críticos.

**¿Entendemos que ha habido trabajos en transgenia para inducir el transporte de B a través del floema en plantas que naturalmente no producen polioles?**

Sí, eso es así. A una planta de tabaco, una especie que no produce polioles, se les incorporó un gen de manzano que favorece el transporte de B. Con esto se logró que la planta mejorada genéticamente no tuviera deficiencias de boro. Este ensayo demostró varias cosas. En primer lugar, que los polioles (azúcares de alcohol) son importantes fisiológicamente. En segundo lugar, este fue la primera vez que se modifica genéticamente una planta para incrementar el transporte de nutrientes. Y finalmente, demostró la importancia de la inmovilidad de los nutrientes en las deficiencias.

A partir de estos trabajos lo que se está tratando de hacer es buscar enfoques similares para hierro, calcio y zinc. Hay grupos que han incorporado el mismo

gen de la manzana a algodón y arroz. Y en ambos casos ha permitido manejar mejor esos cultivos y evitar las deficiencias de boro. Ambos trabajos son relativamente recientes y su adopción a mayor escala dependerá de la predisposición de la sociedad para trabajar con algodón o arroz genéticamente manipulados. Pero el principio, lo más importante, es que entendamos cómo potenciar la movilidad de micronutrientes a través del floema. Esto nos permitirá prevenir deficiencias.

**¿Y cómo introducen los nutrientes para que sean transportados por el floema?**

Hay dos posibilidades: una es a través de trabajo molecular y lo otros es creando fertilizantes que entreguen los micronutrientes en una forma que puedan ser transportados por el floema.

**¿Y esos fertilizantes deben ser al suelo o foliares?**

Principalmente, foliares. Pero también puede ser a través del suelo.

**LA DEFICIENCIA DE BORO ES MÁS COMÚN DE LO QUE SE CREE**

**¿Diría Usted que la deficiencia de B es un gran problema a nivel mundial, como las deficiencias de Fe y Zn, por ejemplo?**

**P.H. Brown:** Yo creo que la deficiencia de B es mucho más común de lo que se cree. Esto se debe a lo rápido en que una deficiencia de B puede inhibir el crecimiento y también lo rápido en que el problema se puede solucionar aplicando fertilizantes en base a B. Como consecuencia, la deficiencia de B normalmente es transitoria, lo que hace muy difícil su identificación.

El rol del boro en floración y esa demanda muy específica por

boro en la formación del tubo polínico significa que es muy probable que exista una deficiencia transitoria de boro durante ese momento tan específico y por esta razón creo que mantener una oferta constante de boro para la flor es algo muy importante en agricultura.

La naturaleza rápida y transitoria de la deficiencia de B hace que tenga efectos muy significativos en la productividad. En California, por ejemplo, se ha demostrado que periodos de exceso de frío, sequía o de humedad pueden inducir deficiencias de B. Todos estos factores inducen la deficiencia de B al reducir su transporte a la flor. Por esta razón, aplicar boro foliar inmediatamente antes de floración se ha transformado en un tratamiento profiláctico estándar en California en muchos frutales. Esta estrategia se utiliza porque es muy difícil prevenir la ocurrencia de la deficiencia y porque una vez que la deficiencia ocurre, los daños son muy altos.

## HAY QUE PROVEER DE BORO CONSTANTEMENTE DURANTE EL CRECIMIENTO DEL CULTIVO Y LOS FRUTOS

Existen dos filosofías respecto a la prevención y el tratamiento de la deficiencia de B: aplicaciones al suelo o foliares. ¿Cuál cree usted que es la mejor?

**P.H. Brown:** Hay un principio muy simple: mantenga un aporte constante de B durante los periodos de crecimiento del cultivo y de los frutos. Si esto se puede lograr a través de



GENTILEZA: INKA BOR

aplicaciones al suelo, está muy bien. Sin embargo, los fertilizantes al suelo se van a ver afectados por la falta de humedad del suelo, o la falta de extracción durante algunas etapas de la actividad de la planta que no coinciden con la etapa de extracción (Ej. Etapas tempranas de crecimiento de plantas caducas o en el llenado de granos en cereales). Es por esta razón que se utiliza boro foliar en frutales de nuez en los que la floración comúnmente es anterior a un período de alta extracción de nutrientes desde el suelo.

**Hablando de toxicidad de boro, ¿Conocen cuales son los umbrales de aplicación para no inducir toxicidades?**

Nuestras investigaciones nos demuestran que hay un rango de concentración en el que hay que trabajar. La aplicación bajo esos niveles o sobre esos niveles no sirven. En las especies con las que hemos trabajado las

aplicaciones van entre 200 y 400 ppm.

Con respecto a la toxicidad, sabemos en qué zonas de las plantas se producen pero todavía no entendemos por qué se producen las toxicidades por exceso de boro.

**¿Y cómo están monitoreando el estado nutricional de las plantas para saber cuándo se van a producir las deficiencias?**

Lo único que te puedo anticipar es que nos estamos re-planteando completamente la forma en que hemos monitoreado hasta el momento. Estamos buscando una forma de trabajo que se enfoque en las demandas de nutrientes dentro de la planta, cómo cambia esa demanda durante la temporada, cómo varía dentro de un mismo huerto y cómo varía de un año a otro, para todos los tejidos. Lo que hemos hecho hasta el momento es obtener una muestra foliar y/o una muestra del suelo y los usamos para determinar la demanda por nutrientes de la planta, para todo el huerto, todo el año y para todos los tejidos. Ese enfoque debe cambiar y pronto propondremos un nuevo sistema de monitoreo. Lo que pasa es que las técnicas actuales dependen de muestras foliares y de suelo y su comparación con umbrales considerados críticos. Pero yo pienso que para cultivos de alto valor son difíciles de aplicar porque para esos cultivos lo que buscamos en prevenir deficiencias y esos umbrales críticos nunca fueron establecidos con ese objetivo en mente.

**Vemos un creciente número de productos foliares con boro. Todos ellos, ya sea a base de ácido bórico o boratos de sodio, o “enriquecidos” con aditivos como aminoácidos, surfactantes, urea, etc., tiene un impacto**

**Tabla 1. Principales fuentes de B utilizadas como materia prima en Agricultura**

Nombre de la materia prima	Fórmula	% de boro (w/w)	Solubilidad
Bórax	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 10 H <sub>2</sub> O	11.5%	10.4%
Tetraborato de sodio	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 5 H <sub>2</sub> O	14%	13%
Tetraborato de sodio (anhidro)	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	20%	Baja
Octaborato de sodio		21%	Baja
Solubor (parcialmente anhidro)	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 5 H <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> B <sub>10</sub> O <sub>16</sub> · 10 H <sub>2</sub> O	20.5%	Alta
Ácido Bórico	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	17.5%	Id
Frits de Boro	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · x H <sub>2</sub> O	10% -17%	Baja
Etanolamina de Boro (Líquida)		10-11%	10-11%
Colemanita	Ca <sub>2</sub> B <sub>6</sub> O <sub>11</sub> · 5 H <sub>2</sub> O	11%-13%	1.5%
Pentaborato de Amonio	NH <sub>4</sub> B <sub>5</sub> O <sub>8</sub> · 4H <sub>2</sub> O	19.9%	7%
Ulexita	NaCaB <sub>5</sub> O <sub>6</sub> (OH) <sub>6</sub> · 5H <sub>2</sub> O	12%	

Fuentes: Varias

Tabla 2: Principales Compañías que ofrecen productos a base de boro

		Sólidos para aplicaciones al suelo		Grados para fertirriego y foliares		
		Puros	Mezclas secas	Líquidos	Floables/ suspensiones	Polvo
Adipol	Polonia					■
Aglukon	Alemania				■	
Agrofil	Italia			■		■
Agronutrition	Francia	■	■	■		■
Agrium	EE.UU.		■			
Albion Labs	EE.UU.			■		
Atlantica Agrícola	España			■		
Belco	EE.UU.					■
Brandt	EE.UU.			■		
Biolchim	Italia	■		■		■
CIFO	Italia	■		■		■
Cosmocel	México			■		
Frit Inc	EE.UU.		■			
Inkabor	Perú	■	■			■
LG Agro	China			■		
LG Gobbi	Italia			■		■
Loveland	Reino Unido			■		
Phosyn	Reino Unido			■		■
Plaaskem	Sudáfrica	■				■
Plantin	Francia					■
Plant Products	Canadá	■	■			
Produquímica	Brasil	■	■	■		■
Río Tinto Minerals	EE.UU.	■	■	■	■	■
Rosier	Bélgica			■		
SQM	Chile	■	■			
Stoller	EE.UU.				■	
SAS Greencare	España			■		
Tiger Industries	Canadá		■	■		
T-Tech/Moore Ag	Canadá			■		
Valagro	Italia			■		

Nota: Solo fabricantes/proveedores de productos puros de boro. Una serie de esas empresas y otras también proveen mezclas multinutrientes que contienen boro, ej. Leili China (N+B), etc.

Fuente: New Ag International database e información de los fabricantes.

**muy claro sobre el pH del agua de aplicación. En base a esto, ¿Cuál sería la mezcla ideal para lograr una mejor penetración y posterior movimiento del B en la planta?**

**P.H. Brown:** La mayoría de las formulaciones de B son muy solubles y el B pasa fácilmente a través de las membranas para llegar hasta los tejidos casi independientemente de la formulación. Sobre esta base, casi ningún producto podría ser considerado particularmente destacado. Otros factores, eso sí, como la facilidad de manejo, el efecto en el pH de la mezcla y la presencia de otros nutrientes pueden influenciar la decisión de qué producto usar.

## UNA SERIE DE MATERIAS PRIMAS

Los principales usos del boro a nivel mundial se encuentran en las industrias del vidrio y la

cerámica. La agricultura es solo un usuario colateral del boro. Por ejemplo, la agricultura solo consumió el 4% de los compuestos de boro en Estados Unidos en el 2001. Esta importancia relativamente “pequeña” de la agricultura en el negocio del boro explica que pocas empresas sean “visibles” como fabricantes de productos de boro en el mercado. Estados Unidos es el mayor fabricante de compuestos de boro en el mundo (25% de la producción mundial, principalmente proveniente de California en la forma de boratos de sodio) y cerca del 50% de la producción doméstica se exporta. Los otros principales exportadores –en orden descendente– son: Turquía, Rusia, Argentina, Chile y China. La Tabla 1 muestra las principales fuentes de boro utilizadas como materia prima en Agricultura. Bórax, ácido bórico y poliboratos de sodio son las materias primas más importantes utilizadas en agricultura. En

menor medida también se utilizan la colemanita y la ulexita. En el mundo de la agricultura, tres empresas son muy activas a nivel mundial: Río Tinto Minerals ha sido históricamente el fabricante más grande y más conocido (también se involucra en la fabricación de productos terminados para el agricultor final); el productor turco Etibank ocupa el segundo lugar como proveedor de materia prima (ulexita, ácido bórico producidos en Bandirma y Emet); el tercer actor y uno de los más nuevos es la empresa INKABOR de Perú. INKABOR también se ha enfocado a la elaboración de productos finales y es un proveedor a su vez de la industria de fertilizantes. Otros productores tienen una presencia en el negocio de proveer a las empresas de fertilizantes pero a niveles más locales. Un ejemplo de ello es la empresa chilena productora de ulexita (extraído de los salares del Norte de Chile) que es la

base por ejemplo, de los productos de boro de SQM. El borax, la colemanita y el Solubor han sido los productos básicos para la aplicación de fertilizantes de boro al suelo durante décadas. Las aplicaciones al suelo – como fertilizantes directos o mezclados con NPKs- han dominado el mercado hasta los años ochenta cuando se lanzaron productos líquidos para aplicaciones foliares.

## MUCHOS PRODUCTOS FOLIARES

Los productos foliares a base de boro son formulados a partir de ácido bórico, poliboratos de sodio o alguna combinación de ambos. Los fertilizantes basados en poliboratos de sodio normalmente son una mezcla de diferentes formas de boratos de variadas composiciones químicas. Cuando el ácido bórico o los poliboratos de sodio son mezclados con agua producen las mismas dos especies químicas de boro disueltas: una molécula no desasociada de ácido bórico y un anión de borato con carga negativa. La cantidad de moléculas de ácido bórico en la solución es inversamente proporcional a la cantidad de moléculas de bora-



to, y las proporciones relativas de ambas están determinadas por el pH. En la medida en que el pH aumenta, el ácido bórico se convierte en borato. En la medida en que el pH disminuye, el borato se vuelve a transformar en ácido bórico. Por lo tanto, es importante entender que el pH del agua con la que se va a aplicar el producto, y no la forma original del boro que viene en el producto fertilizante, es quien va a determinar qué forma de boro va a estar presente en la aplicación foliar.

Históricamente el primer producto líquido de boro apareció en el mercado a principios de los ochenta cuando la empresa inglesa Phosyn (hoy Yara Phosyn) lanzó el primer producto de boro Ethanolamina (obtenido a través de la reacción de ácido bórico con mono Ethanolamina). Desde entonces, una serie de empresas que participan en el mercado de los micronutrientes han lanzado sus propias marcas (ver Tabla 2). En Europa, sin embargo, aparte de Yara Phosyn (Reino Unido), Rosier (Bélgica) y Borax, muy pocas empresas son fabricantes importantes de la base líquida de boro. La mayoría de las empresas compra la base líquida, la que luego mezclan o no con aditivos (adyuvantes

para la penetración, aminoácidos, etc.). Existen algunas empresas que también ofrecen productos orgánicos basados en boro.

## UN MERCADO MUY COMPETITIVO

El mercado se ha vuelto cada vez más competitivo, principalmente porque la mayoría de los productos líquidos ofrecen la misma concentración de boro (11% en peso/peso; equivalente a 15% en peso/volumen) y son, por lo tanto, muy difíciles de diferenciar. La competitividad y la penetración del mercado no solo dependen del precio con el que los formuladores consiguen materias primas como ácido bórico o, por ejemplo, monoetanolamina. También dependen de otros factores como la facilidad de manejo, efectos en el pH de la mezcla y la presencia de otros nutrientes y/o adyuvantes para lograr una mejor penetración de otros productos como los aminoácidos. Algunos fabricantes también destacan que el grado y la pureza de las materias primas al igual que la relación entre los dos principales reactivos y otros parámetros de procesamiento afectan las características químicas de la estructura del anillo de boroxina. La competencia que los productos foliares han puesto sobre las líneas de productos al suelo ha forzado a algunos actores importantes de la industria a lanzar al mercado nuevos productos innovadores. Un ejemplo de esto ha sido el lanzamiento de Solubor DF, la línea de productos secos-floables que contiene 17,5% de boro. Con ello, sus fabricantes ofrecen un producto mucho más fácil de usar y que, según los personeros de la empresa, contiene un 75% más de boro que los productos líquidos. En cualquier caso, este es otro ejemplo más del dina-

## Deficiencias, Toxicidades y relaciones con otros Nutrientes

Síntomas de Deficiencias de Boro: Pueden ser descritas como elongación anormal o retardada de los puntos de crecimiento y/o de los meristemas apicales. Las hojas pierden su forma, se arrugan, se engruesan y oscurecen. Las hojas y los tallos son quebradizos debido a una pobre formación de la pared celular. En plantas monocotiledóneas, las hojas se giran en forma de espiral o tuercen. En plantas dicotiledóneas, la punta de la hoja no se formará completamente o tendrá malformaciones. Las dicotiledóneas requieren 3 a 4 veces más boro que las monocotiledóneas. Las deficiencias de boro son comunes en muchos países. Son más comunes en suelos volcánicos, suelos ácidos derivados de rocas ígneas y en suelos calcáreos.

Puede ser reducida a la mitad en las raíces de plantas deficitarias en B.

Altos niveles de Nitrógeno y/o Potasio pueden reducir la disponibilidad de B en las plantas. Al incrementar N y/o K se disminuye los niveles de Calcio y la relación Ca:B en las plantas.

La mayoría de los cultivos requieren de 2-3 Kg/ha de Boro elemental. Los cultivos que tienen un alto requerimiento de B son las brásicas: brócoli, coliflor, col y repollo bruselas; también la alfalfa, trébol, espárrago, remolacha, apio, manzana, pera y vid. Las sandías y otras cucurbitáceas tienen la característica única de que requieren altos niveles de calcio y niveles adecuados de B. El algodón también tiene altos requerimientos de boro.

### Interacciones del boro con otros elementos en el suelo y la planta

El calcio y el boro deben estar balanceado para un correcto crecimiento de las plantas. Las plantas no pueden metabolizar adecuadamente el calcio cuando el boro está en niveles bajo y viceversa. La inhibición de la extracción de boro por el calcio ha sido detectada en suelos de pH altos.

Bajos niveles de B en las plantas afectan la incorporación de fósforo a las células y los compuestos con P. La adsorción de

### Toxicidad de Boro

Puede ocurrir con cantidades 5 a 10 veces mayores que las indicadas anteriormente. Algunos cultivos sensibles son: melocotón, vid e higos. En cítricos, se ha observado en la misma rama síntomas de toxicidad en hojas viejas y síntomas de deficiencia en hojas nuevas (el B no es muy móvil). La mejor manera de superar la toxicidad por boro es controlar las aguas de riego y a veces aplicar nitrógeno de cobertura.

mismo de esta industria y un aporte más a la larga lista de alternativas que tienen los agricultores y distribuidores. Hoy, los clientes pueden acceder a productos de boro en forma líquida, floable, granulada, microgranulada y en polvo para aplicaciones al suelo, foliar o en fertirriego. Gracias a los nuevos avances en las investigaciones, a

las innovaciones en producto y el creciente uso de este micronutriente en cultivos extensivos, el camino comienza a aplanarse para el despegue definitivo del boro como uno de los micronutrientes más importantes en el mundo de la agricultura.



GENTILEZZA: ROSIER