

Fertilizantes de Última Tecnología: Alternativa para la Mejor Nutrición y Producción de Cultivos en Colombia

Sergio Henríquez¹, Francisco Jiménez² y Juan Francisco Rodríguez³

Introducción

En los últimos cuarenta años la industria de los fertilizantes ha realizado importantes avances tecnológicos con la finalidad de mejorar su eficiencia de uso, es decir, proveer niveles óptimos de nutrientes con capacidad para satisfacer las necesidades de las plantas (Melgar, 2005).

El fertilizante ideal es aquel que protege los nutrientes contra procesos químicos y biológicos y los mantiene disponibles para el cultivo. Este fertilizante se caracteriza porque requieren de un menor número de aplicaciones para proveer los nutrientes necesarios para un óptimo crecimiento de la planta y la recuperación porcentual del nutriente aplicado, lo que maximiza la rentabilidad del cultivo y tiene un mínimo de impacto ambiental sobre el suelo, el agua y la atmósfera (Trenkel, 1997).

Fertilizantes mejorados

Estos fertilizantes retardan la disponibilidad de los nutrientes y los entregan en la medida que los cultivos los necesitan.

Fertilizantes nitrogenados mejorados

Según la AFFCO (Association of American Plant Food Control Officials), los fertilizantes nitrogenados mejorados permiten que la absorción y el uso del N por la planta sean lentos después de la aplicación, lo que extiende su tiempo de disponibilidad respecto de otros fertilizantes como nitrato de amonio y urea.

En los procesos de protección de nitrógeno se han utilizado históricamente formas como urea-formaldehído (IBDU); recubrimientos con azufre elemental; fertilizantes ocluidos –es decir, ceras, resinas u otro material inerte– y polímeros hidrosolubles, cuyo alto costo los hace poco atractivos a países en desarrollo. Este grupo de fertilizantes se consideran de liberación controlada.

En la actualidad, y gracias a los nuevos aditivos que se utilizan para la protección efectiva del nitrógeno, se ha evolucionado hacia fertilizantes estabilizados, que a diferencia de los de liberación controlada, son eficientes para distribuir los nutrientes según la necesidad de

1. I.A. MSc. Representante Técnico Mosaic Colombia.
2. I.A. MSc. Gerente Nuevos Negocios Monómeros S.A.
3. I.A. Representante Nacional Nuevos Negocios, Monómeros S.A.

las plantas. Actualmente existen dos tipos de productos de fertilizantes estabilizados: inhibidores de ureasa e inhibidores de la nitrificación.

Los inhibidores de ureasa retardan de diez a doce días la conversión de urea en amonio. Su uso y respuesta agronómica son importantes, siempre y cuando el suelo permanezca seco o la urea no se haya incorporado en el suelo, es decir, este tipo de inhibidores son afectados directamente por las condiciones ambientales (Grant y Rawluk, 2003).

Los inhibidores de nitrificación retardan el primer paso de urea en el suelo, esto es, la oxidación bacteriana del amonio NH_4^+ a nitrito NO_2^- , mediante la inhibición de las nitrosomonas. Esto provoca que el N en el suelo permanezca como NH_4^+ por más tiempo y quede retenido en el complejo arcillo-húmico, y disminuyendo las pérdidas de este nutriente como nitrato (NO_3^-), altamente móvil y susceptible de ser lixiviado.

La tecnología Entec¹ (Ecology Nitrogen Technology) (Figura 1) tiene

una concentración de nitrógeno de 46% y permite su mejor aprovechamiento gracias a la integración de la molécula DMPP (3-4 dimetilpirazol fosfato), la cual inhibe la nitrificación y mantiene un adecuado nivel de nitrógeno en el suelo durante el ciclo completo de desarrollo de los cultivos, lo cual evita los frecuentes excesos o deficiencias que se producen con los abonos nitrogenados tradicionales.

La molécula DMPP es totalmente inocua para el hombre y el medio ambiente (Weiske *et al.*, 2001; Wissemeier *et al.*, 2001), es biodegradable y de efecto bacteriostático; se une a la enzima AMO (amonio-mono-oxigenasa), la cual se encuentra en la membrana celular de la nitrosomona, y así bloquea su capacidad de transformar el amonio en forma nítrica (McCarthy, 1999). La duración del efecto depende del sistema de cultivo y de las condiciones edafoclimáticas existentes (Barth *et al.*, 2001); proporciona una nutrición mixta amonio-nitrato y reduce las pérdidas por lixiviación (Irigoyen *et*

El fertilizante ideal es aquel que protege los nutrientes contra procesos químicos y biológicos y los mantiene disponibles para el cultivo. Este fertilizante se caracteriza porque requiere de un menor número de aplicaciones para proveer los nutrientes necesarios para un óptimo crecimiento de la planta y la recuperación porcentual del nutriente aplicado, lo que maximiza la rentabilidad del cultivo y tiene un mínimo de impacto ambiental sobre el suelo, el agua y la atmósfera

al., 2003) y desnitrificación (Linzmeier, 2001).

Entec reduce el impacto ambiental debido a que por permanecer por mayor tiempo el nitrógeno en forma amoniacal no se acumulan los nitratos, los cuales son lixiviados con mayor facilidad y se convierte en fuente de contaminación de aguas subterráneas. Con Entec la transformación de la forma amoniacal a nítrica es equilibrada, y en la medida que ocurre es totalmente aprovechada por las raíces de las plantas. Con esta forma de nitrógeno, su absorción en forma de amonio significa un ahorro energético estimado

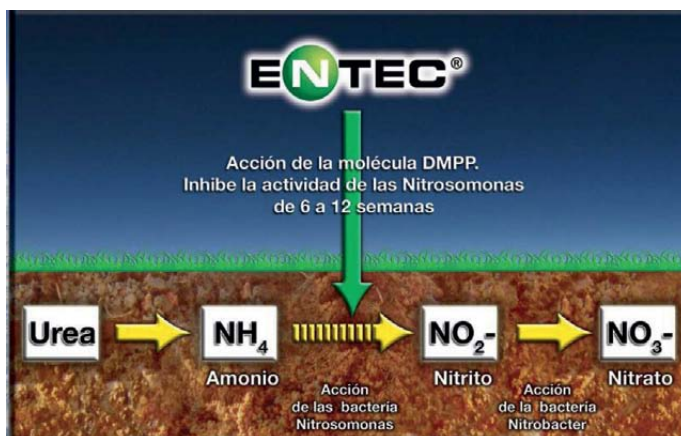


Figura 1. Tecnología Entec para el mejoramiento del aprovechamiento de nitrógeno por cultivos.

1. La inclusión de nombres de productos comerciales no significa su aprobación por Técnicaña.

entre el 8% y 12% en el proceso de transformación de N en proteína por la planta; adicionalmente, se reduce el contenido de nitratos en hojas y frutos.

La tecnología Entec ha sido probada en diferentes cultivos a nivel nacional. La Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (Fenalce) ha venido realizando trabajos con este producto en el cultivo de maíz, y ha encontrado que es posible reducir costos en mano de obra y maquinaria y alcanzar rendimientos entre 18% y 25% más altos que con los sistemas tradicionales de producción, en que es común aplicar urea como fuente de N.

La Federación Nacional de Arroceros (Fedearroz) en ensayos con cultivos de arroz en condiciones similares de campo evaluó la eficiencia del uso de este inhibidor de nitrificación frente a la urea convencional y un fertilizante compuesto en diferentes frecuencias de aplicación (Cuadro 1). Los resultados mostraron los mayores rendimientos de arroz cuando se aplicó Entec en tres dosis distribuidas cada treinta días después de una



Foto 1. Respuesta de la caña de azúcar a la aplicación de ENTEC (derecha) vs. aplicación de urea (izquierda).

aplicación inicial a los quince días (tratamiento 1).

Estudios preliminares en caña de azúcar muestran ventajas en términos de crecimiento y desarrollo con las aplicaciones de ENTEC (Foto 1). Los resultados comerciales muestran un incremento de 5 a 15 TCH y la formación de 1.2 entrenudos, promedio, adicionales al momento de corte vs. cañas tratadas con urea.

Fertilizantes fosfóricos mejorados

Actualmente el MAP (fosfato monoamónico) y el DAP (fosfato diamónico) son las fuentes de fósforo (P) más utilizadas en la agricultura. Estas fuentes, aunque se producen a partir de la misma materia prima (roca

fosfórica), tienen características particulares que las hacen diferentes (Mosaic, 2006).

Proceso de producción. La producción de MAP o DAP se inicia con la adición de ácido sulfúrico a la roca fosfórica para solubilizar y eliminar minerales no deseados, en particular el calcio (Ca) y el magnesio (Mg). Este proceso permite que los fosfatos sean más concentrados y más solubles. Hasta este punto del proceso ambos productos son casi iguales. La diferencia se presenta en el siguiente paso, que consiste en la introducción de amonio en el proceso de producción. El MAP se elabora combinando una parte de amoníaco con una parte de ácido

Cuadro 1. Producción de arroz con aplicación de ENTEC y una fuente comercial de nitrógeno.

Trat.	Producto	Epoca (días)	Producto	Época (días)	Producto	Epoca (días)	Prod. (kg/ha)
1	ENTEK 46	15-45-75	—	—	—	—	9875
2	ENTEK 46	15-30-45	Urea	60-75	—	—	8812
3	ENTEK 46	15-45	Urea	75	—	—	7875
4	18-18-18	15	ENTEK 46	45	Urea	75	8500
5	ENTEK 46	15	ENTEK 21	45	ENTEK 46	75	8937
6	ENTEK 46	15	ENTEK 21	45	Urea	75	8062
7	Sin N	—	—	—	—	—	5625
8	UREA	15-30-45-60	75	—	—	—	7875

La más reciente generación de fertilizantes fosfóricos que se han lanzado en el mercado mundial, como los MicroEssentials, han sido formulados en forma de MAP, los cuales además de mejorar la distribución de los nutrientes en el suelo, ya que incluyen elementos como el zinc y azufre en cada gránulo de fósforo, favorecen la disponibilidad de los microelementos y del fósforo.

fosfórico. Por su parte, el DAP se produce combinando dos partes de amoníaco con una parte de ácido fosfórico. Por esta razón, el DAP tiene un mayor porcentaje de amonio y un menor porcentaje de fósforo con respecto al MAP, lo que marca la diferencia en las reacciones químicas que ocurren en la solución del suelo cuando son aplicados para la nutrición de cultivos.

Disolución de los gránulos fertilizantes. Cuando se aplica MAP, el pH se acidifica en la solución del suelo alrededor del gránulo del fertilizante (pH: 3.5 – 4.2). Por el contrario, el pH inicial alrededor de los gránulos de DAP es alcalino (7.8 – 8.2). Esta diferencia en pH de la solución del suelo es importante por las razones siguientes:

Formación de amoníaco en suelos alcalinos. En suelos de pH

alto, una alta concentración de amoníaco libre puede ser el resultado del pH alcalino de la solución y la cantidad extra de amonio producto de la aplicación de DAP. Estas áreas con alto amoníaco libre pueden causar problemas en la germinación de semillas y afectar el desarrollo del sistema radical de algunos cultivos.

Absorción de fósforo. El fósforo es absorbido por las raíces de las plantas de la solución del suelo en dos formas particulares: H_2PO_4 (en pH ácido) y HPO_4 (en pH alcalino). En varias investigaciones se ha demostrado que las plantas tienden a absorber H_2PO_4 más rápidamente que HPO_4 . Este aspecto es de gran importancia en la comparación de MAP y DAP, ya que el pH ácido de la solución del suelo, cuando se aplica MAP, favorece la formación de H_2PO_4 y, por tanto, existe un mayor potencial de absorción de fósforo.

Efecto en los micronutrientes. La disponibilidad de microelementos como hierro, cobre, zinc y boro se incrementa en suelos ácidos (excepto el molibdeno). La zona ácida generada por el MAP alrededor de los gránulos fertilizantes mejora la disponibilidad de los micronutrientes, mientras que la zona alcalina producida por el DAP la disminuye.

Específicamente respecto del zinc es importante destacar que uno de los principales factores que afecta la disponibilidad de este elemento en los cultivos es la interacción con el fósforo en el suelo (Alloway, 2008). Al respecto, varios estudios han demostrado que las deficiencias de zinc pueden ser producto de aplicaciones de fertilizantes fosfóricos y por esta razón en la agricultura es común hacer

aplicaciones de zinc al mismo tiempo que las fuentes fosforadas; adicionalmente se ha incrementado la práctica de bio-fortificación (enriquecimiento) de semillas de cereales con elementos nutritivos (Cakmak, 2009). Así mismo, en los últimos años la industria de los fertilizantes ha creado nuevos productos que incorporan zinc a los gránulos de fosfato.

La nueva generación de fertilizantes fosfóricos

Por lo expuesto anteriormente, la más reciente generación de fertilizantes fosfóricos que se han lanzado en el mercado mundial, como los MicroEssentials, han sido formulados en forma de MAP, los cuales además de mejorar la distribución de los nutrientes en el suelo, ya que incluyen elementos como el zinc y azufre en cada gránulo de fósforo, favorecen la disponibilidad de los microelementos y del fósforo.

En Colombia los resultados de investigaciones realizadas por Fenalce en ocho localidades cuyos suelos tenían diferentes contenidos de fósforo y zinc mostraron diferencias significativas en el rendimiento (Figura 2.). Los mayores rendimientos se obtuvieron en los tratamientos con MicroEssentials SZ, en los cuales el fósforo, en forma de MAP, se aplicó junto con el zinc y el azufre (García, 2009).

Respuesta de la caña de azúcar a la aplicación de MicroEssentials SZ

Investigaciones en el departamento de Valle de Cauca, Colombia, indican que el fósforo es fundamental para

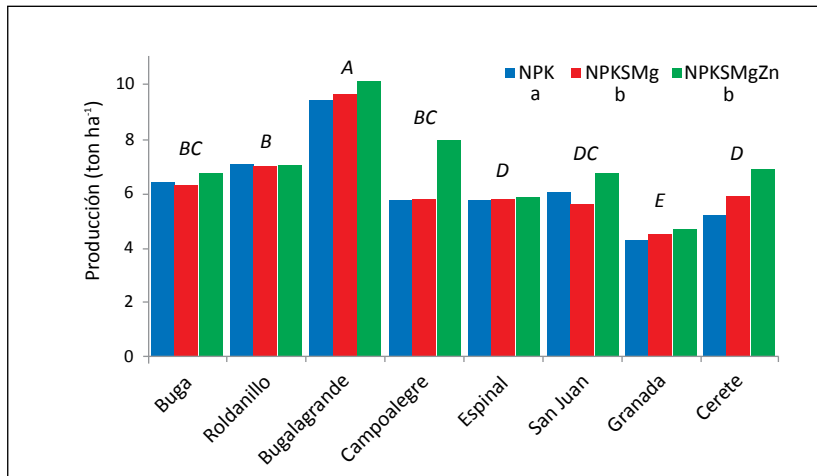


Figura 2. Efecto de la adición de azufre, magnesio y zinc en la productividad del cultivo del maíz en (García, 2009).

asegurar un crecimiento vigoroso en las primeras etapas de crecimiento de caña de azúcar (Foto 1). En dichas investigaciones se encontró que en los primeros veintitrés días después de la germinación el número de rebrotes era mayor en las plantas fertilizadas con fuentes fosfóricas en forma de MAP. Así mismo, el tratamiento con MicroEssentials SZ logró una mayor celeridad de crecimiento que los restantes tratamientos: siete días después de la germinación se obtuvo el mayor número de rebrotes (Figura 3).

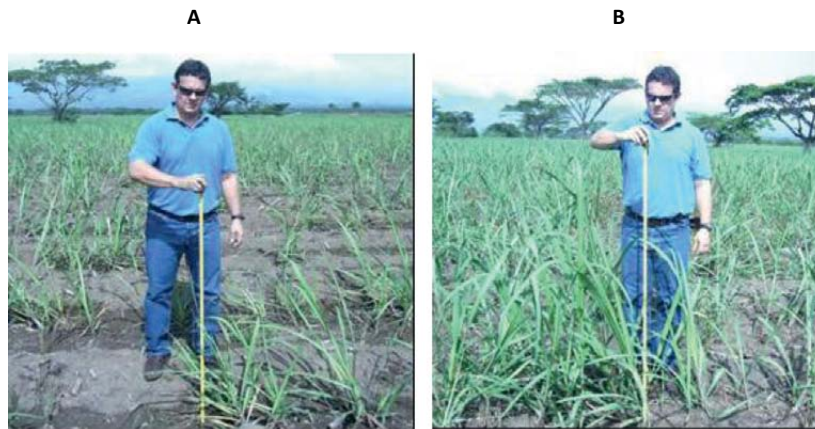


Foto 1. Aspecto que presentan dos cultivos de caña de azúcar en el Valle de Cauca, tratados con diferentes fuentes de fósforo. **A.** (izquierda): tratamiento con súper fosfato triple. **B.** (derecha): tratamiento con MicroEssentials SZ

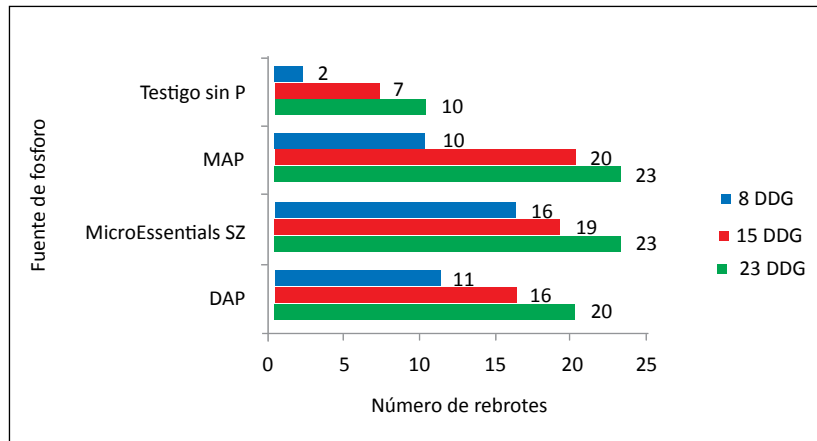


Figura 3. Número de rebrotes de caña de azúcar a los 8, 15 y 23 días de la germinación, según los tratamientos con diferentes fuentes de fósforo, evaluados en el Valle de Cauca.

Además, las plantas fertilizadas con MicroEssentials SZ tuvieron las mayores alturas, tanto en suelos con pH 4.5 como con pH 6.5 (Figura 4). Este aspecto es importante, ya que en este cultivo la altura de las plantas es uno de los indicadores de rendimiento. Además, desde el punto de vista de manejo agronómico es muy positivo que las plantas logren una mayor altura en un menor tiempo para disminuir el efecto de la competencia de las plantas arvenses.

Referencias

Alloway, B. J. 2008. *Zinc in Soils and Crop Nutrition*. Second edition, published by IZA and IFA. Brussels, Belgium and Paris, France.

Cakmak, I. 2009. "Enrichment of fertilizers with zinc: An excellent investment for humanity and crop production in India". *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 23 (2009) 281–289

Durán, R. "Efectos de la aplicación de elementos menores en caña de azúcar en suelos del valle del río Cauca". *Revista Tecnicaña*.

García, F. 2008. *Dinámica de nutrientes en el sistema suelo-planta*. International Plant Nutrition Institute (IPNI). Minga Guazu, Paraguay.

García, J. P. 2009. *Manejo eficiente de nutrientes en el cultivo de maíz en Colombia*. Federación nacional de cultivadores de cereales y leguminosas (Fenalce). pp 127

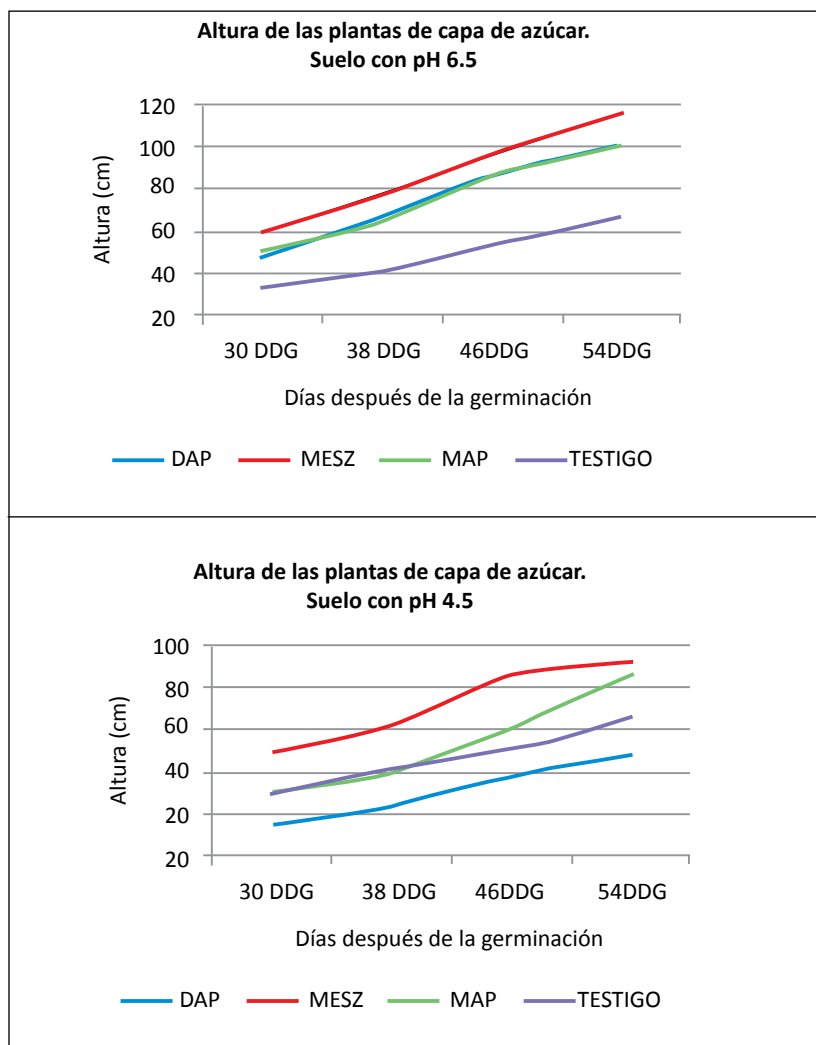


Figura 4. Altura de la caña de azúcar a los 30, 38, 46 y 54 días de la germinación, según los tratamientos con diferentes fuentes de fósforo, evaluados en el Valle de Cauca, A. Izquierda. Evaluación en suelos con pH 6.5. B. Derecha. Evaluación en suelos con pH 4.5.

Grant, C.A; Rawluk, C. 2003. *Agriculture*. Centro de Investigación de Brandon. Agri-alimento. Canadá.

Jiménez, F.; Tovar, V; Palacio, C. 2008. *Nutrimon Plus. La última tecnología en fertilización llega a Colombia*. Monómeros.

Melgar, R. 2005. *Resumen Taller Internacional de Fertilizantes de Eficiencia Mejorada* IFA. Frankfurt – Alemania.

Mosaic, 2006. *Razones para escoger entre MAP y DAP en la agricultura de América Latina*.

Sainz, R.; Echeverría H.; Studer, G.; Andrade, F. 1999. „No-till corn nitrogen uptake and yield effect of urease inhibitor and application time” *Agronomy Journal*.

Trenkel, M. 1997. *Improving fertilizer use efficiency. Controlled – releaser and stabilized fertilizers in agriculture*.