

# SUSTITUCIÓN DEL NITRÓGENO MINERAL MEDIANTE EL USO DEL BIOFERTILIZANTE BACTHON® SC EN PLANTAS DE CAÑA DE AZÚCAR

Silvio Fernando Cadena<sup>1</sup>

## RESUMEN

En la atmósfera terrestre prácticamente existe una fuente inagotable de nitrógeno (80% N), pero se encuentra en forma elemental formando triples enlaces muy estables y que no pueden ser aprovechados por las plantas superiores. Sin embargo muchas especies de bacterias y algunos otros microorganismos son capaces de reducir este gas a amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) en un proceso conocido como fijación biológica del nitrógeno. En el presente estudio realizado bajo condiciones de invernadero en Cenicaña (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia), se evaluó el efecto bio-fertilizante del producto **BACTHON® SC** y su capacidad para suplir los requerimientos de nitrógeno en la planta de caña de azúcar, y específicamente determinar la dosis de producto más apropiada para aportar nitrógeno a la planta y sustituir parte del nitrógeno mineral aplicado en la planta de caña de azúcar así como determinar los efectos en la germinación, nutrición y producción de materia fresca de las variedades CC 85-92 bajo condiciones de invernadero. Luego de sumergir semillas de caña durante 2 a 5 minutos tanto en agua como en vinaza conteniendo dosis de 0, 5 y 10 cc de BACTHON por litro de medio, se encontró que la vinaza pura inhibe la germinación de las yemas y cuando se inoculan con 10 cc de BACTHON por litro de agua, la germinación aumenta al 80% y la planta fija un 12% más de nitrógeno atmosférico con respecto al testigo.

**Palabras Claves:** Fijación biológica de nitrógeno, Bacterias fijadoras de nitrógeno y BACTHON

## Introducción

En las actuales condiciones edafoclimáticas predominantes en la parte plana del Valle del Río Cauca, la caña de azúcar requiere después del potasio, cantidades importantes de nitrógeno para su óptimo desarrollo. De esta manera, considerando los contenidos de nitrógeno en tallos, hojas y yaguas, la planta puede extraer 105 kg de N por cada 100 toneladas de tallos, de los cuales cerca de 60 kg de N están presentes en los tallos (Quintero, 1999). De otro lado, en la atmósfera terrestre prácticamente hay una fuente inagotable de nitrógeno (80 %N), pero se encuentra en forma elemental formando enlaces triples muy estables y poco aprovechables por las plantas superiores. Posiblemente la fijación biológica de nitrógeno producto de la asociación simbiótica entre la planta y bacterias diazotróficas y algas azul-verdosas sea tal vez la alternativa más económica y menos contaminante para suplir nitrógeno a la planta. Aunque la mayoría de los fertilizantes orgánicos presenten una relación C/N favorable para la mineralización del nitrógeno, son difíciles para contribuir substancialmente en muchos suelos a la nutrición de N en una etapa temprana de desarrollo de la caña de azúcar y por esto se debería complementar con microorganismos fijadores de nitrógeno (Wood, 1981). A pesar que el amoniaco proveniente del proceso de compostaje reprime la síntesis de la nitrogenasa, con la fijación biológica de N se puede reducir hasta en un 50% la cantidad de la fuente química (Serra et al, 1987). En contraste la adición de fuentes amoniacales, nitratos y elementos como Ca y Mg promueven el crecimiento de las algas verde-azules asociadas al cultivo de la caña (Chuang, 1983). Sin embargo Los primeros estudios realizados en Brasil en el estado de Piracicaba en los años cincuenta mostraron que los microorganismos involucrados en la asociación eran de tipo endófito, y

---

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo, MSc. Suelos. Asesor de Investigación. [ingsfc@yahoo.com](mailto:ingsfc@yahoo.com)

que en el caso de *Azospirillum* asociado a la caña de azúcar se podían fijar hasta 150 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Bodey et al, 1994). Posteriormente se encontró que existía una respuesta diferencial en la actividad de la nitrogenasa en la rizósfera de diferentes variedades y que debido a esta asociación las plantas pueden obtener entre un 25 al 30% (Ruschel y Vose, 1977) o 19 al 39% del nitrógeno atmosférico (Freitas et al, 1984) y esto se refleja en incrementos de materia seca (Song y Wen, 1986) y la actividad y población microbiana del suelo (Rivera et al, 1991). Igualmente en estudios realizados en Rio de Janeiro, se encontró que existe un marcado efecto varietal en la asociación y que a través de esta se pueden fijar entre 37 y 56 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> del total acumulado por las plantas. Así mismo, se encontró que las bacterias del género *Acetobacter* disminuyeron en las áreas regadas con vinaza y en contraste, las de *Azotobacter diazotrophicus* aumentaron su población (Urquiaga y Dobereiner, 1989). Ensayos hechos en Coimbatore mostraron que los géneros *Azospirillum* y *Azotobacter* pueden aportar el equivalente a 180 Kg de N como urea (Srinivasan, 1989). A través de estudios realizados en Guatemala se han aislado *Azospirillum herbaspirillum* y *Acetobacter* asociadas de forma natural a partir de raíces de caña aportando en un 20 y 60 % del N requerido por la planta (Pérez et al, 1999).

En el presente estudio se evaluó el efecto bio-fertilizante del producto **BACTHON® SC<sup>2</sup>** y su capacidad para suplir los requerimientos de nitrógeno en la planta de caña de azúcar, y específicamente determinar la dosis de producto más apropiada para aportar nitrógeno a la planta y sustituir parte del nitrógeno mineral aplicado en la planta de caña de azúcar así como determinar los efectos en la germinación, nutrición y producción de materia fresca de las variedades CC 85-92 o CC 84-75 bajo condiciones de invernadero.

## Materiales y Métodos

El producto **BACTHON® SC**, es un inoculante biológico que contiene microorganismos benéficos del suelo en estado latente (Cuadro 1) que actúan como fijadores de nitrógeno y bio-transformadores de materiales orgánicos y minerales (subproductos orgánicos, socas, abonos orgánicos, abonos químicos) para convertirlos en nutrientes para las plantas, bioactivando su crecimiento, balanceando la nutrición y mejorando la producción.

**Cuadro 1. CONTENIDO QUE GARANTIZA EL PRODUCTO BACTHON® SC.** (Ver Etiqueta)

Ingrediente Activo	Unidades Internacionales	Cantidad p/p
<i>Azospirillum brasilense</i>	UFC	40 x 10 <sup>6</sup>
<i>Azotobacter chroococcum</i>	UFC	30 x 10 <sup>6</sup>
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	UFC	100 x 10 <sup>6</sup>
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	UFC	1 x 10 <sup>5</sup>

Los tratamientos del experimento estaban conformados por la combinación de los factores medio de aplicación y dosis de BACTHON (Cuadro 2). Se usó el diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Aquí se deseaba comparar no solo las dosis del producto biológico sino también el medio apropiado para disolver el producto que sirva como bio-activador de las bacterias. La aplicación de los diferentes tratamientos se realizó sumergiendo la semilla de caña en el medio conteniendo el inóculo durante dos a cinco minutos. El ensayo se realizó en la estación experimental San Antonio de Cenicaña bajo condiciones de invernadero usando yemas viables de la variedad CC 85-92 y vinaza del 35% de sólidos totales. Las unidades experimentales correspondían a esquejes de caña de una yema viable inoculados y sembrados en pots plásticos conteniendo suelo tratado.

<sup>2</sup> Producto fabricado por la empresa ORIUS BIOTECNOLOGÍA. [www.oriusbiotecnologia.com](http://www.oriusbiotecnologia.com).

**Cuadro 2. Diseño en bloques completos al azar con 6 tratamientos**

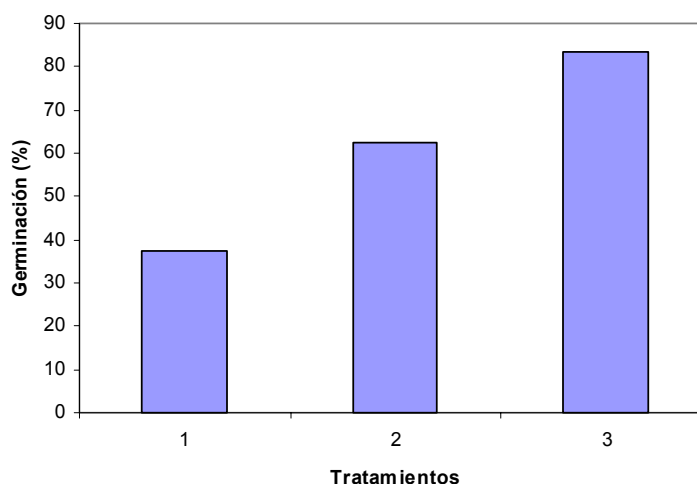
Tratamiento	Medio Líquido	Dosis BACTHON
	(L)	(cc L <sup>-1</sup> )
1	Agua	0
2	Agua	5
3	Agua	10
4	Vinaza	0
5	Vinaza	5
6	Vinaza	10

Las dosis de 0, 5 y 10 cc L<sup>-1</sup> en invernadero son equivalentes a 0, 1 y 2 L ha<sup>-1</sup> en campo.

Las variables de respuesta incluyeron un análisis general de la fertilidad de suelo antes de la siembra, germinación en los primeros 15 días, peso de la parte aérea, peso de raíces, nitrógeno radical y análisis foliar de nitrógeno a los 30 días. Para observar diferencias estadísticamente significativas se realizó un análisis de varianza con prueba de significancia Duncan mediante el programa SAS Versión 8 2003.

## Resultados y Discusión

Cuando se uso como medio de aplicación vinaza, la semilla no germinó posiblemente por los altos contenidos de potasio y ácidos orgánicos presente en este medio. Por esta razón solo se lograron evaluar los tratamientos que usaban como medio de solución el agua. En cuanto a la germinación se encontraron diferencias significativas donde la dosis de 10 cc por litro correspondiente al tratamiento 3, incrementó la germinación de 37 a 80% (Figura 1). Esta dosis es equivalente a aplicar 2 litros de BACTHON por hectárea.



**Figura 1. Germinación 15 días después de aplicados los tratamientos en yemas viables de CC 85-92 bajo condiciones de invernadero.**

En cuanto a las variables de peso de la parte aérea (PFA), peso de raíces (PFR) y nitrógeno en raíces (NR) no se encontraron diferencias significativas, aunque se observó un incremento en el peso de raíces y una mayor elongación en aquellas que habían sido

inoculadas con los tratamientos 2 y 3 (Anexo 1). En cuanto al contenido de nitrógeno foliar se encontraron diferencias significativas, presentándose los valores más altos con los tratamientos 2 y 3 que equivalen a dosis entre 1 y 2 litros por hectárea (Cuadro 3). Así, cuando se inoculó la semilla, el incremento del nitrógeno foliar fue de un 12% con respecto al Testigo.

**Cuadro 3. Variación de la germinación, nitrógeno foliar, peso parte aérea, peso de raíces y nitrógeno radical a los 30 días luego de la inoculación de yemas viables de CC 85-92 bajo condiciones de invernadero.**

Tratamiento	Germinación (%)	N-foliar (%)	PFA (g)	PFR (g)	NR (%)
1	37,5 c	1,75 b	2,35	0,76	1,34
2	62,5 b	1,88 ab	2,8	1,2	1,35
3	83,33 a	1,97 a	2,23	1,05	1,34
4	-				
5	-				
6	-				
<b>Promedio</b>	64,28	1,87	2,47	0,97	1,34
<b>Significancia*</b>	S	S	NS	NS	NS
<b>CV</b>	31,75	1,89	16,67	29,41	1,3

\* Valores promedios en una misma columna seguidos por letras iguales no difieren en forma significativa (Duncan 5%)

Los valores de nitrógeno fijado en las plántulas de caña como efecto de la inoculación con BACTHON sugieren que parte del nitrógeno mineral que se aplica como parte de la fertilización convencional en el cultivo de caña de azúcar a los 45 días después del corte o siembra, puede ser sustituido potencialmente utilizando productos a base de bacterias fijadoras de nitrógeno. Por esta razón se sugiere instalar experimentos de campo donde se sustituya la dosis comercial de nitrógeno de manera gradual en cada corte usando entre 1 y 2 litros de BACTHON por hectárea.

## Conclusiones

- Cuando la semilla de caña se inocula con el producto BACTHON con la dosis de 10cc por litro de agua, la germinación puede aumentar al 80%.
- Las plantas inoculadas con BACTHON 10cc por litro de agua pueden fijar un 12% más de nitrógeno atmosférico.
- El uso de BACTHON mejora el desarrollo radicular de la planta.

## BIBLIOGRAFÍA

**BODEY, R. M.; DOBEREINER, J.** 1994. Biological nitrogen fixation associated with graminaceous plants. En: Okon, Y. Azospirillum plant associations, Boca Raton, CRC. p. 119-135.

**FREITAS, J. R. DE.; VICTORIA, R. L.; RUSCHEL, A. P.; VOSE, P. B.** 1984. Estimation of N fixation by sugarcane, *Saccharum sp.*, and soybean, *Glycine max*, grown in soil with N-labelled. Plant and Soil v. 82 no. 2, p. 257-261.

**CHUANG, Y. T.** 1983. Studies on the cultivation of nitrogen fixing microorganisms II. Cultivation conditions of the blue-green algae and preliminary application test on soils. Report of the Taiwan Sugar Research Institute no. 99, p 47-55.

**PEREZ, O. et al.** 1999. Potencial de fijación biológica de nitrógeno en variedades de caña de azúcar en Guatemala. Guatemala. CENGICANA – CONCYT. 19 p.

**QUINTERO, R.** 1999. Extracción de Nutrientes por la caña de azúcar. En: Carta Trimetral Año 21. Cali, Colombia. p 4-8.

**RIVERA, R.; VELAZCO, A.; TRETO, E.** 1991. La fertilización (15N), nutrición nitrogenada y actividad de los microorganismos nitrofixadores en la caña de azúcar, cepa de caña planta, cultivada sobre un suelo ferralítico rojo. En: Cultivos Tropicales. Cuba. V. 12 no. 2, p. 21 – 28.

**RUSCHEL, A. P.; VOSE, P. B.** 1977. Present situation concerning studies on associate nitrogen fixation in sugarcane, *Saccharum officinarum* L. Piracicaba, Centro de Energia Nuclear, na Agricultura, 12 p.

**SERRA, R. J.; GARCÍA M. U. & BARREDO, F. C.** 1987. Prospects of associative in nitrogen fixation in sugarcane. Proceedings of Philippine Sugar Technologists Association no. 55, p. 190-196.

**SONG, W. L.; WEN, C. L.** 1986. The association of nitrogen-fixing bacterium, *Beijerinckia-like* sp with sugarcane. En: Congress of the international society of Sugar Cane Technologists, 19 Jakarta, 21 – 31 August. Proceedings. Jakarta, ISSCT v. 1 p. 9 – 17.

**SRINIVASAN, T. R.** 1989. Varietal responses to climate, population dynamics nutrition and other inputs. En: Mohan Naidu, K.; Screenivasan, T.V.; Premachandran, M.N. Eds. Sugarcane Varietal improvement, Coimbatore, Sugarcane Breeding Institute, p. 195-220.

**URQUIAGA, S.; DOBEREINER, J.** 1989. Fijación biológica de nitrógeno asociada con gramíneas forrajeras, cereales y caña de azúcar. En: EMBRAPA. Rio de Janeiro. 20 p.

**WOOD, R. A.** 1981. Nitrogen availability in soils as influenced by organic fertilizers having different C/N ratios. Proceedings of the South African Sugar Technologists Association no. 55, p. 165-168.

## Agradecimientos

Esta investigación se realizó gracias al apoyo financiero de la organización ORIOUS BIOTECNOLOGÍA y al apoyo logístico de los laboratorios de química y fitopatología de Cenicaña.

## **ANEXO 1. Protocolo de inoculación de las semillas de caña de azúcar con Bacthón y evaluación del desarrollo**



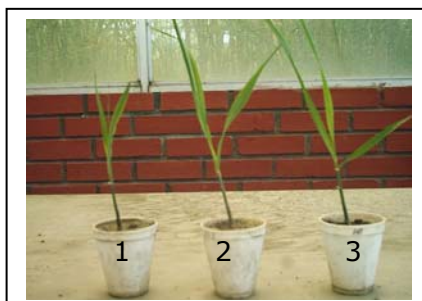
1. Extracción de la yema



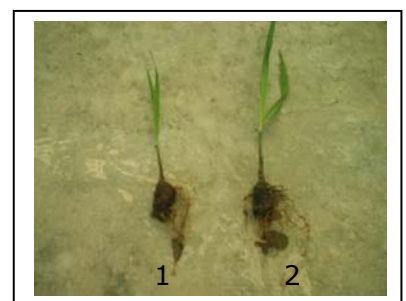
2. Inmersión de la semilla en el medio con el inóculo



3. Siembra en contenedores



Tratamientos



4. Evaluación del desarrollo a los 30 días luego de la inoculación