

AVANCES EN LA RESPUESTA DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR, A LA BIOFERTILIZACIÓN CON BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO Y HONGO SOLUBILIZADOR DE FOSFORO, RIOPAILA-CASTILLA S.A. VALLE DEL CAUCA COLOMBIA

Luis Armando Castilla Lozano*

Edgar Augusto Moller Reyes**

Gustavo Adolfo Barona Torres***

Luis Hernández Villegas ****

RESUMEN

El presente estudio se desarrollo con el objetivo de buscar tecnologías que conduzcan a reducir el alto costo de las fertilizaciones inorgánicas y el impacto ambiental causado por estas en el cultivo de la caña de azúcar, por lo cual se viene evaluando desde el año 2002 la biofertilización como una alternativa en la nutrición vegetal. Continuando con este estudio a nivel comercial se ha evaluado en años anteriores en el ingenio riopaila la utilización de biofertilizantes con base en bacterias fijadoras de nitrógeno (BFN) (*Azotobacter chroococcum*. Y *Azospirillum* sp.), hongo solubilizador de fósforo (HSF) (*Penicillium jantinelium*) y *Trichoderma viride*. En el año 2006 se realizo un nuevo estudio con el fin de evaluar y ratificar los resultados obtenidos en los ensayos anteriores, en este se probaron nuevas dosis y épocas de aplicación en cañas socas y plantillas. Se evaluaron 3 tratamientos con 4 repeticiones cada una con un área total de 15.84 has, con reducción de nitrógeno y fósforo inorgánico en un 30% e incrementos entre 3 y 14 toneladas de caña por hectárea (TCH) donde se aplicaron los biofertilizantes.

ABSTRAC

The present study was developed looking for technologies that drive to reduce the high cost of the inorganic fertilization and the environmental impact caused by these in the sugar cane crop. For this reason is has been evaluated from year 2002 the bio-fertilization as an alternative in the plant nutrition. Continuing with this study to a commercial level, it has been evaluated in the previous years in the sugar cane mill Riopaila, biofertilizers based on nitrogen fixing bacteria (NFB) (*Azotobacter chroococcum* and *Azospirillum* sp.), phosphate-solubilizing-fungi (psf) (*Penicillium jantinelium*) and *Trichoderma viride*. In year 2006, it was realized a new study in order to evaluate and to verify the results obtained in the previous tests. Were proved new doses and time of application in ratoons and new plantations, in an area of 15.84 ha. Were evaluated 3 treatments with 4 repetitions each one, with reduction of nitrogen and inorganic phosphorus in 30%. There was increases between 3 and 14 tons of cane per hectare (TCH) where the biofertilizantes were applied.

*Ingeniero Agrónomo, M.Sc, Ph.D Asesor Biocultivos

**Ingeniero Agrónomo. Director depto técnico Biocultivos

***Ingeniero Agrónomo. Jefe de Campo Riopaila-Castilla S.A

***Ingeniero Agrónomo. Director Agronomía Riopaila-Castilla S.A.

Key words: phosphate-solubilizing-fungi, fixing bacteria of nitrogen, biofertilization, sugar cane.

INTRODUCCIÓN

Uno de los rubros de los costos de producción que afectan la rentabilidad en la agricultura es el uso de fertilizantes inorgánicos, los cuales tienen la tendencia a un alto costo y altas pérdidas, por lo tanto se hace necesario el uso de fuentes diferentes para suplir a las plantas de los nutrimentos necesarios para la producción.

Se hace necesario desarrollar estrategias de suministro de nutrientes a los cultivos integrando una combinación de fertilizantes químicos, abonos orgánicos, y Biofertilizantes todo ello dentro del marco de la sustentabilidad o sostenibilidad que es la tendencia surgida como contraposición a la revolución verde para reducir los daños causados al ambiente y a la salud de la humanidad por los métodos irracionales que se han empleado en la últimas décadas.

La Biofertilización es una alternativa muy viable para nuestro medio, lo cual permite darles a las plantas los nutrimentos necesarios, reducir costos de producción y disminuir el efecto contaminante ambiental.

MARCO CONCEPTUAL

Los biofertilizantes pueden definirse como productos a base de microorganismos que viven normalmente en el suelo, aunque en poblaciones bajas y que al incrementar sus poblaciones por medio de la inoculación artificial son capaces de poner a disposición de las plantas mediante su actividad biológica una parte importante de las sustancias nutritivas que necesitan para su desarrollo así como suministrar sustancias hormonales o promotoras de crecimiento. La importancia de estos bioproductos radica en su capacidad para suministrar o movilizar nutrientes con un mínimo uso de recursos no renovables (Castilla, 2006).

BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO (BFN)

Las bacterias de vida libre como *Azotobacter*, tienen la capacidad de utilizar el nitrógeno atmosférico para formar su propia célula; se multiplican rápidamente y proporcionan muchas ventajas, como regular el crecimiento de las plantas, producir hormonas y favorecer la solubilidad y mineralización de la materia orgánica agregada al suelo como abono.

La fijación biológica de nitrógeno representa, una alternativa económica ecológicamente limpia frente a la fijación química. Además, la fijación biológica desempeña un papel muy importante en la economía del nitrógeno en la practica agrícola, ya que la cantidad de nitrógeno disponible en la mayoría de los suelos cultivados es baja, particularmente en el trópico y en la actualidad no puede ser suplementada a escala mundial por la producción de fertilizantes. No obstante, los beneficios potenciales de la fijación biológica de N_2 , en la agricultura no podrán ser aprovechados en su totalidad hasta que no se conozcan en

profundidad los factores abióticos y bióticos que influyen sobre ella, así como sus mecanismos de actuación (Aparicio y Arrese, 1996, citado por Castilla, 2006).

Los organismos fijadores de nitrógeno tienen la facultad de sintetizar nitrogenasa y obtienen carbono e Hidrogeno de la materia orgánica del suelo o de exudados radicales en la rizosfera de las plantas cuando son bacterias heterotróficas libres, o directamente de las plantas cuando son simbióticas. También hay autotróficas, es decir, que obtienen carbón del CO₂ del aire tal como obtienen N₂ (Orozco, 1999, citado por Castilla, 2006). Las bacterias fijadoras de Nitrógeno libre, que crecen en residuos de plantas degradables, como la paja, pueden fijar suficiente nitrógeno como para mejorar la fertilidad del suelo. Un ejemplo de este grupo es *Azotobacter chroococcum*. La actividad de *Azotobacter* sp, puede ser incrementada por la aplicación de materia orgánica (Kanungo *et al.*, 1997 citado por Castilla, 2006).

Se ha observado que la inoculación con *Azospirillum* sp., genera una alteración en la morfología de la raíz, atribuida a la producción bacteriana de reguladores de crecimiento. Un aumento en el número de raíces laterales y del sistema radical incide en una mayor superficie disponible para nutrientes. Este aumento en la toma de nutrientes y en el estado hídrico de la planta, podrían ser el principal factor que fortalece su crecimiento (Oteenhoudt y Vanderleyden, 2000, citado por Castilla, 2006).

MICROORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATO (MSF)

La formación y funcionamiento del suelo dependen de la gran cantidad de interacciones que ocurren entre sus componentes orgánicos e inorgánicos, vivos y no vivos. Ciertos elementos requeridos por la biota, como el fósforo (P), se encuentran presentes en grandes concentraciones, pero en formas que no son fácilmente asimilables por las raíces de las plantas (Lavelle, 2001), las cuales comprenden la parte mas extensa de la biomasa viva del suelo. El contenido promedio de fósforo en el suelo es aproximadamente del 0.05% del peso total, pero de éste, solo un 0.1% esta disponible para las plantas y después del nitrógeno, la deficiencia de fósforo es uno de los factores químicos que pueden restringir su crecimiento.

En las plantas el fósforo es constituyente primario de muchos glucofosfatos que participan en la fotosíntesis, la respiración y varios procesos metabólicos, además de formar parte de los nucleótidos y de fosfolípidos de membranas. Así, mismo, hace parte esencial del metabolismo energético ya que constituye parte de las moléculas de ATP, ADP, AMP y pirofosfato (ppi) (Salisbury y Ross, 1994).

Las deficiencias de fósforo en las plantas se expresan en un notable retardo de la madurez, enanismo y raíces débiles. Para suplir las deficiencias naturales de fósforo, las plantas hacen una eficiente translocación de este elemento desde las partes senescentes de la planta hasta las nuevas estructuras, por tanto sus síntomas se manifiestan principalmente en las partes maduras de la planta (Azcon – Bieto y Talón, 2000, citado por Sánchez, J *et al*).

Dada la importancia del P para las plantas, cultivos de todo el mundo son suplementados con una gran cantidad de formulaciones solubles de fertilizantes con P, empleados para obtener productividades máximas (Son *et al.*, 2006, citado por Sánchez, J, *et al.*, 2006).

Sin embargo, las formas solubles de fertilizantes de P aplicadas al suelo se precipitan rápidamente en formas insolubles como CaHPO_4 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, FePO_4 y AlPO_4 , por lo que no son tomadas de manera efectiva por las plantas, lo que suele conducir a una aplicación excesiva de fertilizantes fosforados en el suelo (Omar, 1998, citado por Sánchez, J, et al., 2006).

Al igual que ocurre para las poblaciones de bacterias fijadoras de nitrógeno, normalmente la rizosfera es la zona del suelo donde existe una mayor proporción de microorganismos solubilizadores de fosfatos, puesto que los exudados radicales y detritus vegetal promueven el sustrato energético para que sea posible su actividad solubilizadora, estos microorganismos son ubicuos, aunque la cantidad presente varía de acuerdo al tipo de suelo. El mecanismo más importante para la solubilización de fosfatos inorgánicos (en especial de complejos Ca-P) es la reducción del pH circundante por la liberación de ácidos orgánicos o protones. Los ácidos orgánicos pueden disolver directamente el fosfato mineral como resultado de un intercambio del anión PO_4^{2-} por el anión ácido o pueden quedar iones de Fe y Al asociados con el fosfato (Vásquez et al., 2000; Gyaneshwar et al., 2002). Se ha determinado que la reducción del pH también es un mecanismo utilizado por ciertos microorganismos para solubilizar fosfatos, condición que se ha evidenciado en suelos muy básicos donde la actividad solubilizadora se ve disminuida por la condición “amortiguante” del suelo, al comparar la actividad de las cepas solubilizadoras en diferentes tipos de suelos (Gyaneshwar et al., 1998, citado por Sánchez, J, et al., 2006).

ANTECEDENTES

Los estudios sobre FBN asociada a no leguminosas se inician en los años 50 y se intensificó con el descubrimiento de la asociación de la alta especificidad entre las bacterias fijadoras de nitrógeno *Azotobacter paspali* y la grama *Paspalum notatum* cv. Batatais, estos estudios han demostrado que esta puede alcanzar niveles de importancia económica. Los mejores resultados se han obtenido en los cultivos de caña de azúcar y arroz inundado, donde los valores en variedades eficientes, pueden superar a algunas leguminosas (Dobereiner, 1966).

Según Dobereiner, 1995 “Algunas gramíneas como la caña de azúcar asociada con bacterias fijadoras de nitrógeno endofitas pueden crecer casi independiente de la disponibilidad de Nitrógeno del suelo”.

En el caso del cultivo de la caña de azúcar en Brasil, a diferencia de otros países del mundo, las variedades presentan una baja respuesta a la fertilización nitrogenada, principalmente en el primer ciclo. El potencial de FBN en las variedades más eficientes alcanzan hasta el 71% de las necesidades del cultivo (Boddey, 2001). Este descubrimiento abrió el camino para el gran desafío de extender la FBN para cereales de interés económico, hasta ahora han sido identificadas 10 especies de bacterias diazotróficas (*Azospirillum brasilense*, *A. lipoferum*, *A. amazonense*, *A. halopraeferans*, *A. irakense*, *Herbaspirillum seropedicae*, *H. rubrisubalbicans*, *Acetobacter diazotrophicus*, *Azoarcus* spp. Y *Burkholderia brasilensis*), asociadas a diferentes gramíneas (Baldani et al, 1996; Calvancante, Dobereiner y Pedrosa, 1987; Gillis et al, 1991; Camas et al, 1989; Magalhaes et al, 1983; Reinhold et al, 1987; Reinhold-Hurek et al, 1993; Tarrand et al, 1978 citados por Urquiaga, 2001).

Entre los años 2002 a 2004 se realizó una investigación con biofertilizantes en el cultivo de la caña de azúcar en el Ingenio Riopaila (Departamento del Valle del Cauca Colombia), en las haciendas La Luisa y Riopaila en las suertes 420 de La Luisa, 370, 570 y 622 de Riopaila en una extensión de 42,28 Has. Las suertes 420 de La Luisa y 622 de Riopaila correspondieron al conjunto de suelos Venecia (VN) y Las suertes 370 y 570 de Riopaila al conjunto de suelos Isabela (IS) y todas pertenecientes al orden de suelos Inceptisol, grupo de manejo 2A, las 4 suertes estaban sembradas con la Variedad CC 85-92 de tercer corte.

Se utilizaron parcelas de 2,64 Has y se distribuyeron al azar.

Se utilizó una fuente de bacterias fijadoras de nitrógeno (BFN) compuesta de *Azobacter chroococcum* y *Azospirillum amazonense* en concentración de 100 millones UFC/ml en dosis de 1 litro por hectárea. y una fuente de hongo solubilizador de fósforo (HSF) compuesta de *Penicillium janthinellum* en concentración de 10 millones de conidias/ml en dosis de 1 Litro por hectárea.

Estas fueron aisladas en el laboratorio de microbiología de la universidad nacional de Colombia Bogotá y producidas como producto comercial por el instituto de biotecnología de la UN: IBUN.

Los tratamientos evaluados fueron:

- T1: 100% Nitrógeno + 1 Lt/Ha BFN y 1 Lt/Ha HSF
- T2: 75% Nitrógeno + 1 Lt/Ha BFN y 1 Lt/Ha HSF
- T3: 50% Nitrógeno + 1 Lt/Ha BFN y 1 Lt/Ha HSF
- T4: 100% Nitrógeno sin BFN y HSF (Testigo)

La base de fertilización fue de 400 Kg/ha. de urea + 100 Kg/ha de KCL y 150 Kg/ha de DAP en el momento de la siembra.

A cada parcela se le evaluó el TCH, y el Rendimiento vía precosecha en el momento del corte y se le calculó las TAH.

Cuadro 1. Indicadores de producción por tratamiento y repeticiones del uso de biofertilizantes.

TRATAM ENTO	REPETICION 1			REPETICION 2			REPETICION 3			REPETICION 4			TOTAL		
	TCH	RDTO	TAH	TCH	RDTO	TAH	TCH	RDTO	TAH	TCH	RDTO	TAH	TCH	RDTO	TAH
1	140.63	13.40	18.84	138.88	12.14	16.86	134.97	12.15	16.40	155.29	13.03	20.23	142.40	12.68	18.06
2	142.57	12.30	17.54	128.18	13.46	16.71	127.09	12.40	15.76	131.86	13.43	17.71	131.40	12.90	16.95
3	132.45	13.03	17.26	135.13	12.31	16.63	130.88	11.13	14.57	109.93	13.57	14.92	127.10	12.51	15.90
4	146.06	12.31	17.98	132.57	12.99	17.22	126.55	13.56	17.16	102.93	10.62	10.93	127.00	12.37	15.71

Tomando como referencia el incremento de toneladas por Ha, El tratamiento 1 fue el mejor con 15,4 toneladas adicionales, tratamiento 2 con 4,4 toneladas y el 3 con 0,8 toneladas de caña también presentaron saldos positivos en relación al testigo. Los costos de producto mas aplicación fueron de \$134,227/Ha.

En Toneladas de Azúcar por Hectárea (TAH) el tratamiento 1 dejo un saldo libre de 2,35 TAH, seguido del tratamiento 2 y 3 que también reportaron saldos positivos en TAH de 1,24 y 0,19 respectivamente.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de los Biofertilizantes (bacterias fijadoras de nitrógeno), (hongo solubilizador de fósforo) y (hongo controlador de hongos patógenos del suelo y promotor de crecimiento) en mejoramiento de los rendimientos del cultivo de la caña de azúcar en el ingenio Riopaila. (La Paila, Valle del Cauca).

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Incrementar la producción de caña de azúcar con la aplicación de los Biofertilizantes.
- Reducir las cantidades de fertilizantes nitrogenados y buscar una optimización de la fertilización fosforada para una mejor rentabilidad en el cultivo de la caña de azúcar.
- Obtener resultados para una producción con reducción fertilizantes inorgánicos en el cultivo de la caña de azúcar.

MATERIALES Y METODOS

MATERIALES

- Bacterias fijadoras de nitrógeno. (*Azotobacter chroococcum*. Y *Azospirillum sp.*), en concentración de 1×10^8 UFC/ml.
- Hongo solubilizador de fosfatos. (*Penicillium jantinelum*), en concentración de 1×10^7 conidias/ml.
- Hongo controlador de patógenos del suelo y promotor de crecimiento (*Trichoderma viride*), en concentración de 1×10^7 conidias/ml.

MÉTODOS

Se realizaron 3 Ensayos, dos en plantilla y una en soca en diferentes tipos de suelos, de la siguiente manera:

- **I CAÑA (SOCA):** Sector Valparaíso, suerte 3104-120 zona agroecológica 6H2, variedad 8475. La descripción de los suelos es la siguiente:

Grupo Homogéneo de Suelos 6: Suelos con textura fina, secos, profundos y moderadamente profundos que se agrietan al secarse. Limitados por escasez de macroporos y permeabilidad lenta.

Grupo de humedad H2: Áreas con exceso de humedad entre 200 y 400 mm/año y suelos con permeabilidad media a alta

- **II CAÑA (PLANTILLA):** Sector Valparaíso, suerte 3104-080 zona agroecológica 5H4, variedad 8475. La descripción de los suelos es la siguiente:

Grupo Homogéneo de Suelos 5: Suelo de textura muy fina, acuicos superficiales. Limitados por escasa profundidad y encharcamientos periódicos, nivel freático permanente alto. Contienen arcillas vérticas de alta pegajosidad y plasticidad.

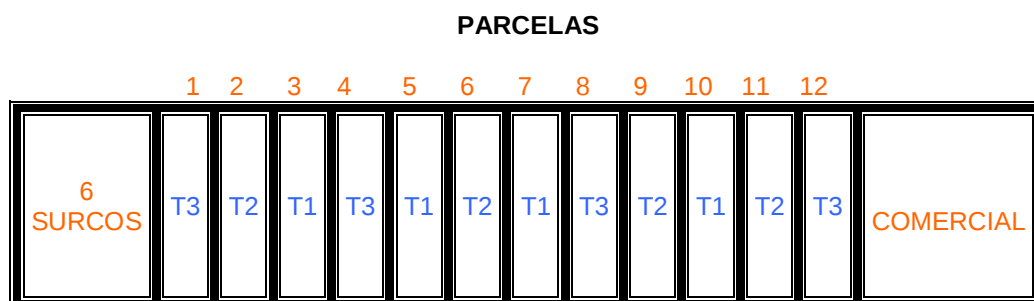
Grupo de humedad H4: Áreas con exceso de humedad superior a 600 mm/año y permeabilidad alta, en donde predominan los suelos arcillosos de permeabilidad baja.

- **III CAÑA (PLANTILLA):** Sector Venecia, suerte 3122-101 zona agroecológica 5H3, variedad 8475. La descripción de los suelos es la siguiente:

Grupo Homogéneo de Suelos 5: Suelo de textura muy fina, acuicos superficiales. Limitados por escasa profundidad y encharcamientos periódicos, nivel freático permanente alto. Contienen arcillas vérticas de alta pegajosidad y plasticidad.

Grupo Homogéneo de Humedad H3: Áreas con exceso de humedad entre 400 mm/año y 600 mm/año y suelos de permeabilidad media a alta.

I DISTRIBUCIÓN DE TRATAMIENTO CON BFN Y HSF PARA CAÑA SOCA PARA GRUPOS DE MANEJO 7A, 9A, 9B INGENIO RIOPAILA



- T1** 100% Dosis de Abono + 0,5 Lt (*Azotobacter chroococcum*. Y *Azospirillum* sp.) + 0,5 Lt (*Penicillium jantinelum*) + 0,5 Lt (*Trichoderma viride*) aplicación dirigida al suelo antes de los 15 días después corte. A los 4 meses, aplicación manual foliar 1 Litro de (*Azotobacter chroococcum*).
- T2** 70% Dosis de abono + 0,5 Lt (*Azotobacter chroococcum*. Y *Azospirillum* sp.) + 0,5 Lt (*Penicillium jantinelum*) + 0,5 Lt de (*Trichoderma viride*) aplicación dirigida al suelo antes de los 15 días después corte. A los 4 mese aplicación manual foliar 1 Litro de (*Azotobacter chroococcum*).
- T3** 100% Dosis de Abono (Testigo)

Sector: Valparaíso

Suerte: 3104-120

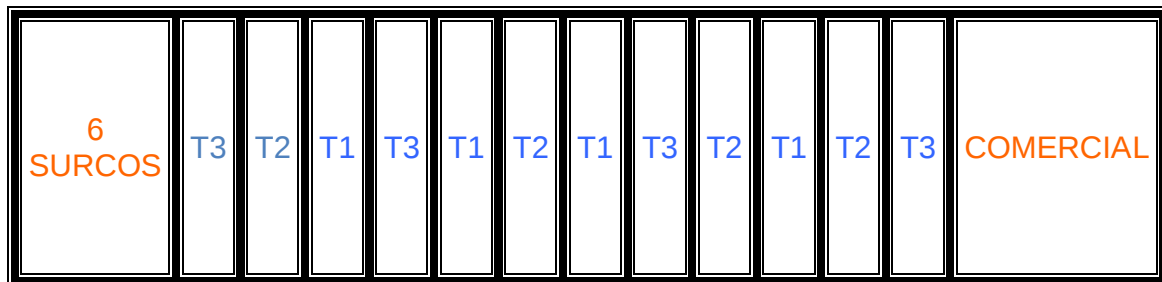
Fecha de corte: 8 de Agosto de 2006

Fecha 1 aplicación: Agosto 24 de 2006

Fecha 2 aplicación: diciembre 13 de 2006

TAMAÑO PARCELAS: 12 surcos, 0.32 Has por parcela / 1.3 Has por tratamiento.

PARA GRUPOS DE MANEJO 7A, 9A, 9B INGENIO RIOPAILA PARCELA



- | | |
|-----------|--|
| T1 | 100% Dosis de Abono + 0,5 Lt de (<i>Azotobacter chroococcum</i> . Y <i>Azospirillum</i> sp.) + 0,5 Lt de (<i>Penicillium jantinelum</i>) + 0,5 Lt de (<i>Trichoderma viride</i>). |
| T2 | 70% Dosis de Abono + 0,5 Lt de (<i>Azotobacter chroococcum</i> . Y <i>Azospirillum</i> sp.) + 0,5 Lt de (<i>Penicillium jantinelum</i>) + 0,5 Lt de(<i>Trichoderma viride</i>). |
| T3 | 100% Dosis de Abono (Testigo) |

Sector: Valparaíso

Suerte: 3104-080

Fecha de siembra: septiembre 4 de 2006

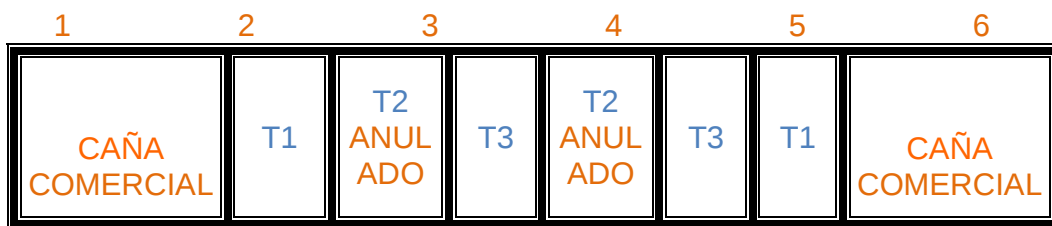
Fecha 1 aplicación: septiembre 7 de 2006 (Se realizo con el herbicida)

Fecha aplicación abono: Noviembre 28 de 2006

TAMAÑO PARCELAS: 12 surcos 0.34 Has por parcela / 1.39 Has por tratamiento.

PARA GRUPOS DE MANEJO 7A, 9A, 9B INGENIO RIOPAILA

PARCELAS



- | | |
|-----------|--|
| T1 | 100% Dosis de Abono + 1,0 Lt (Azotobacter chroococcum. Y Azospirillum sp.) + 1,0 Lt (Penicillium jantinelum) a los 10 días con el preemergente 120 días después de siembra, aplicación manual foliar 0.5 lt de (Azotobacter chroococcum.). |
| T2 | 70% Dosis de Abono + 1,0 Lt (Azotobacter chroococcum. Y Azospirillum sp.) + 1,0 Lt (Penicillium jantinelum) a los 10 días con el preemergente 120 días después de siembra, aplicación manual foliar 0.5 lt de (Azotobacter chroococcum.). (Tratamiento anulado porque no se hizo reducción del 30% de la fertilización). |
| T3 | 100% Dosis de Abono |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS DE LA SUERTE 3104-120 (CAÑA SOCA)							
TRATAMIENTO	TCH	RTO %	TAH	DIFERENCIA TRATAMIENTO vs TESTIGO T3		COSTO APLICACIÓN MAS PRODUCTOS	BENEFICIO*
				TCH	Kg AZUCAR / Ha		
T1	135,6	11,79	15,98	5,66	667,31	\$ 127.600	\$ 472.979
T2	132,86	11,80	15,67	2,92	344,56	\$ 127.600	\$ 182.504
T3	129,94	11,79	15,31	0	0	\$ 0	\$ 0

*EL BENEFICIO DEL T2 INCLUYE EL AHORRO EN FERTILIZANTES. (120 KG DE UREA Y 30 KG DE KCL)

RESULTADOS DE LA SUERTE 3122-101 (CAÑA PLANTILLA)							
TRATAMIENTO	TCH	RTO %	TAH	DIFERENCIA TRATAMIENTO vs TESTIGO T3		COSTO APLICACIÓN MAS PRODUCTOS	BENEFICIO
				TCH	Kg AZUCAR / Ha		
T1	96,71	11,8	11,41	14,42	1701	\$ 110.100	\$ 1.420.800
T3	82,29	11,22	9,72	0	0	\$ 0	\$ 0

Costo de productos: ½ Dimazos \$ 17.500 Costo aplicación: \$ 39.100
 ½ Fosfosol \$ 18.500
 ½ Trifosol \$ 17.500
 ½ Dimargon \$ 17.500
 \$ 71.000

Fertilización convencional: 6 bultos de Urea y 2 de KCL

TONELADAS DE CAÑA POR HECTÁREA (TCH)

El TCH en todos los tratamientos donde se aplicaron los biofertilizantes fue superior al testigo. En la suerte 3104-120 el mejor tratamiento fue el T1 (100% fertilización inorgánica + biofertilizantes) con un aumento en caña de 5.66 toneladas seguido del tratamiento T2 (70% fertilización inorgánica + biofertilizantes) con un aumento de 2.92 toneladas de caña con respecto al testigo.

En la suerte 3104-080 el mejor tratamiento fue el T2 (70% fertilización inorgánica + biofertilizantes) con una producción de 75.99 toneladas de caña mostrando muy poca diferencia con el tratamiento T1 (100% fertilización inorgánica + biofertilizantes) que tuvo una producción de 75.56 toneladas de caña, por ultimo el tratamiento testigo con un TCH de 72,85.

Los resultados en producción de caña en la suerte 3122-101 muestran alta respuesta en la aplicación de biofertilizantes, siendo el T1 (100% fertilización inorgánica + biofertilizantes) el de mayor producción con un diferencia con respecto al testigo de 14.42 toneladas de caña por hectárea.

RENDIMIENTO

De acuerdo a los promedio en rendimiento por tratamiento no se encontraron diferencias importantes entre suertes siendo el T1; 11.83% , T2;11.83% y T3; 11.57%.

TONELADAS DE AZUCAR POR HECTAREA (TAH)

En la suerte 3104-120 la diferencia con el testigo en el tratamiento T1 : 0.66 TAH y en el T2 : 0.34 TAH. Los tratamientos T1 y T2 muestra una diferencia en TAH con respecto al testigo. Siendo el T2 (70% fertilización inorgánica + biofertilizantes) el de mayor diferencia con 0.37 Toneladas, seguido del T1 con 0.32 Toneladas. En la suerte 3122-101 se produjo una diferencia en TAH mas notable de 1.7 toneladas de caña en el tratamiento T1 con respecto al testigo.

CONCLUSIONES

- El cultivo de la caña de azúcar respondió muy bien a la aplicación de los biofertilizantes bacterias fijadoras de nitrógeno (*Azotobacter chroococcum* y *Azospirillum sp.*), Hongo solubilizador de fosfatos (*Penicillium jantinelum*) y Hongo controlador de patógenos del suelo y promotor de crecimiento (*Trichoderma viride*), mejorando, donde se aplicaron estos biofertilizantes, las producciones en TCH hasta un 4.17% y TAH hasta un 14%.
- No se encontró reducción en la producción de caña de azúcar cuando se hizo la reducción del 30% de la fertilización inorgánica más la aplicación de los biofertilizantes, lo cual indica que hubo respuesta en el cultivo de caña de azúcar a los biofertilizantes como complemento a la fertilización inorgánica.
- Con un buen manejo del plan de biofertilización podemos reducir hasta en un 30% la aplicación de fertilizantes inorgánicos, con el fin de mitigar el alto costo de los fertilizantes en el cultivo de caña de azúcar y reducir el impacto ambiental ocasionado por la utilización de fertilizantes de síntesis química.

BIBLIOGRAFIA

- Aparicio y Arrese. 1996. Fisiología y Bioquímica vegetal. España. 9: 193-213.
- Bockman, O. 1997. Non biological nitrogen fixation. E Biological nitrogen fixation. The Global Challenge and future Needs, Roma, pp 24-26.
- Boddey, R. et al. 1991. Biological nitrogen fixation associated with sugar cane. Plant and soil. 137: 111-117.
- Boddey, R and Dobereiner, J. 1982. Association of *Azospirillum* and other diazotrophs with Gramineae. Congres of soil science. New Delhi, India.
- Castilla, L.A. 2006. Biofertilizacion: Una alternativa viable para la nutricion vegetal. Sociedad Colombiana de la ciencia del suelo, capitulo Tolima, Ibague.
- Dyson, T. 1996. Population and foods. Global trends and future porspects. Global enviromental programme Rutledge, ISBN 0-415-11975-8, 45 pp.
- Dobereiner, J. 1971. Non symbiotic nitrogen fixing bacteria in tropical soils. Plant and soil, special volumen 457- 470.
- Dobereiner, J. 1968. Non symbiotic nitrogen fixing bacteria in tropical soils. Pesquisa agropecuaria Brasileira 3: 1-6.
- Gillis, M and Dobereiner, J. 1989. *Acetobacter diazotrophicus* sp. a nitrogen fixing acetic acid bacterium associated with sugar cane.
- Orozco, H. 1999. Biología del Nitrógeno: conceptos básicos sobre sus transformaciones biológicas. Tomo I. Universidad Nacional de Colombia. Medellín ISBN: 958-9352-11-1.
- Urquiaga, S. 2001 La fijación biológica de nitrógeno como soporte de la agricultura sostenible en América latina. EMBRAPA. Brasil.
- Valero, N. 2000. Aislamiento y caracterización de fijadores biológicos de nitrógeno asociados a caña de azúcar en algunos cultivos de Cundinamarca. Trabajo de grado (biólogo). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ciencias.
- www.raaa.org 2006. Manejo ecológico de los suelos. Red de acción en alternativas al uso de agroquímicos.