

# ESTRATEGIAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL USO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR EN GUATEMALA

Ovidio Pérez<sup>1</sup>, Cristian Ufer<sup>2</sup>, Víctor Azañón<sup>3</sup> y Edgar Solares<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar CENGICANA, Guatemala.

Km. 92.5 Carretera a Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala

E-mail: [operez@cengicana.org](mailto:operez@cengicana.org)

<sup>2</sup>Corporacion Pantaleon; <sup>3</sup>Ingenio La Union; <sup>4</sup>Ingenio Magdalena

## Resumen

El objetivo de este trabajo es presentar algunos criterios prácticos que ayuden a la toma de decisiones encaminadas a optimizar de mejor manera la inversión que se realiza en los fertilizantes nitrogenados en el cultivo de caña de azúcar en Guatemala ante la escalada de precios de los fertilizantes en general y nitrogenados en particular.

Los criterios se basan en el conocimiento de las respuestas del cultivo a las aplicaciones de N en la región los cuales están en función de los rendimientos del cultivo, de la fertilidad del suelo, de la edad de la cepa o ciclo de cultivo y otros factores relacionados con el manejo agronómico y factores del terreno.

Las dosis de N de los programas de fertilización de los ingenios se pueden ajustar comparando las relaciones nitrógeno: tonelada de caña (N:TC) actuales, con las relaciones de referencia recomendadas para los distintos suelos según el contenido de MO. Así mismo las dosis de N deben ajustarse a la relación de precios de los fertilizantes y los precios del azúcar para distintos grupos de producción.

Como alternativas para reducir la dependencia a los fertilizantes nitrogenados existen practicas que hay que aprovechar y optimizar en el corto plazo como es el uso de los abonos verdes, la utilización de la vinaza y uso de la cachaza. En el mediano y largo plazo se vislumbran las potencialidades de la fijación biológica de N en el cultivo de caña de azúcar.

**Palabras claves.** Nitrógeno, optimización, abonos verdes, fijación biológica de N

## Introducción

El uso de nitrógeno en Guatemala es generalizado en la producción de caña como en la mayoría de países productores de caña de azúcar. Se estima que en la zafra 2006-07 en Guatemala se aplicaron alrededor de 20,000 toneladas métricas de nitrógeno en una superficie de 210,000 hectáreas (Pérez, 2007).

El rubro de fertilizantes nitrogenados es cada vez más importante en los costos de producción del cultivo, debido a la escalada de precios de los fertilizantes nitrogenados que solo en el último año se incrementaron en más de 80 por ciento, en tanto que los precios del azúcar permanecieron relativamente constantes.

Bajo estas circunstancias los ingenios se ven presionados para hacer ajustes en el presupuesto y los obliga a hacer un uso más oportuno y efectivo de los fertilizantes para asegurar el máximo aprovechamiento de la inversión.

El objetivo de este trabajo es presentar algunas estrategias prácticas que apoyen la toma de decisión en los ingenios y productores para maximizar la inversión de los fertilizantes nitrogenados, partiendo de los programas actuales de fertilización y presentar algunas opciones que ayuden en el futuro a una menor dependencia de los fertilizantes químicos.

Las estrategias se basan en el conocimiento de las respuestas del cultivo a las aplicaciones de N en los diferentes suelos de la región. Entre los factores que definen las dosis variables de N en la

zona cañera de Guatemala están, la productividad de los lotes (potencial productivo), la fertilidad del suelo (MO, textura), la edad de la cepa y otros relacionados con el manejo y factores del terreno.

### Generalidades de la región cañera de Guatemala y potencial productivo

Debido a la fisiografía de la zona cañera de Guatemala que corresponde a un paisaje natural de planicie de pie de monte hay gradientes de temperatura, cantidad de lluvia, radiación solar, formas y pendientes del terreno y presencia de alofanos en los suelos que varían desde las cercanías de la cadena montañosa hacia el océano Pacífico en la dirección norte sur. Estas gradientes son captadas con la estratificación altitudinal de la región y manifestadas en los potenciales de producción de la caña como se muestra en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Características generales y químicas de la región cañera de Guatemala y productividad de la caña según cuatro macro estratos altitudinales.

| Estrato Altitudinal  | Características Generales       |             |                    |                           | <sup>1/</sup> Características Químicas |         |         | TCH Promedio |
|----------------------|---------------------------------|-------------|--------------------|---------------------------|--|---------|---------|--------------|
|                      | T <sup>o</sup> Media Anual (°C) | Lluvia (mm) | SUELO Predominante | Relieve del Terreno       | MO (%)                                 | P (ppm) | K (ppm) |              |
| Alto (>300 msnm)     | 23.6                            | 3239        | Andisol            | Ondulado y lomerío        | 5.3                                    | 5.5     | 98      | 74.1         |
| Medio (100-300 msnm) | 26.7                            | 2779        | Andisol Inceptisol | Ondulado a Lig. Inclinado | 5.6                                    | 7.5     | 193     | 84.5         |
| Bajo (40-100 msnm)   | 27.3                            | 2134        | Andisol Inceptisol | Lig. Plano Lig. Inclinado | 4.3                                    | 13.6    | 221     | 93.5         |
| Litoral (<40 msnm)   | 27.5                            | 1631        | Mollisol Entisol   | Plano                     | 2.4                                    | 49.3    | 538     | 104.7        |

<sup>1/</sup> Características químicas de la parte central.

TCH: Toneladas métricas de caña/ha (zafras: 2006-07 y 2007-08).

En el Cuadro 1 se observa que los potenciales de producción son más altos en las zonas bajas de la región, disminuyendo estos potenciales con la altitud en donde predominan temperaturas más bajas, mayor nubosidad, asociados con la alta precipitación pluvial, suelos con relieves ondulados o de lomerío y la presencia de mayor cantidad de arcillas alofánicas (suelos Andisoles).

Los contenidos de MO son altos en la zona media y alta de la región en donde predominan los suelos Andisoles y son más menores en el litoral en suelos Molisoles y Entisoles. Sin embargo, aunque los contenidos de MO de los suelos Andisoles son altos no se asocian con mayores productividades debido a que hay otras limitaciones de tipo climático, del relieve del terreno y de suelo que hacen que los potenciales productivos de estos suelos sean menores.

Las características indicadas de la zona cañera de Guatemala en cuanto a la inter correlación entre la altitud, el clima, el relieve y el suelo y su relación con la productividad resulta interesante, porque significa que al estratificar esta última variable en rangos para la estimación de las dosis de fertilizante como se hace actualmente en los ingenios en forma paralela se estratifican también los factores asociados a estas productividades.

### Respuestas del cultivo a las aplicaciones de N

En cuanto a la fertilidad del suelo se ha encontrado en la región que la MO es el factor que más explica las respuestas a las aplicaciones de nitrógeno (Cuadro 2). La MO del suelo es un parámetro que se determina a nivel de laboratorio en los análisis rutinarios y es utilizado en caña de azúcar y en muchos cultivos para las recomendaciones de nitrógeno.

**Cuadro 2.** Probabilidades de respuesta a N según los contenidos de MO del suelo en la zona cañera de Guatemala.

| Suelo Predominante   | Categoría de MO    | BAJA RESPUESTA | MEDIANA RESPUESTA | ALTA RESPUESTA |
|----------------------|--------------------|----------------|-------------------|----------------|
|                      |                    | < 11 % TCH     | 11 - 20 % TCH     | >20 % TCH      |
| Mollisol - Entisol   | Baja (< 3.0%)      | 0              | 6                 | 94             |
| Andisol - Inceptisol | Media (3.0 - 5.0%) | 31             | 47                | 21             |
| Andisol              | Alta (> 5.0%)      | 100            | 0                 | 0              |

Los datos del Cuadro 2 muestran que en el 94 por ciento de los casos se logran incrementos en tonelaje superiores al 20 por ciento cuando los contenidos de MO del suelo son bajos (MO <3.0%), mientras que en suelos con altos contenidos de MO (>5.0%) en el 100 por ciento de las veces los incrementos son menores al 11 por ciento. Suelos con contenidos medios de MO las respuestas fueron mas variables pero en la mayoría de los casos las respuestas son inferiores al 20 por ciento.

Tal como se indico antes, los valores más bajos de MO se encuentran localizados en la zona del litoral en suelos Molisoles y Entisoles de alta productividad que presentan alta respuesta a nitrógeno.

En el Cuadro 3 se presentan las recomendaciones de dosis de nitrógeno para la zona cañera de Guatemala con base en los criterios de la MO definidas y las respuestas del cultivo encontradas en plantías y socas en las diferentes pruebas tanto experimentales como pruebas de validación realizadas por los ingenios (Pérez, 2007; La Unión, 2005).

**Cuadro 3.** Recomendaciones de nitrógeno (kg de N/ha) para los suelos derivados de ceniza volcánica de Guatemala.

| Suelo Predominante   | Categoría de MO  | Plantía          | Soca             |                             |
|----------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------------------|
|                      |                  | Dosis de (Kg/ha) | Dosis de (Kg/ha) | <sup>1/</sup> Relación N:TC |
| Mollisol - Entisol   | Baja (< 3.0%)    | 80               | 100-170          | 1.14                        |
| Andisol - Inceptisol | Media (3.0-5.0%) | 60-80            | 90-140           | 1.0                         |
| Andisol              | Alta (>5.0)      | 60               | 80-110           | 1.0                         |

<sup>1/</sup>Relación N:TC de referencia = Relación N x tonelada de caña según categorías de MO.

Las recomendaciones de nitrógeno para plantías varían de 60 a 80 kg de N/ha en tanto que para socas las recomendaciones son mayores dependiendo de la MO del suelo y del potencial productivo del cañaveral. Para suelos con contenidos bajos de MO (<3.0%) se ha encontrado que se requiere 1.14 kg de N por Tm de caña producida (Relación Nitrógeno Tonelada de Caña –N:TC-). En tanto que para suelos con contenidos medios y altos de MO la relación N:TC es menor (1.0).

Las recomendaciones de N (kg/ha) para las distintas categorías de MO del Cuadro 3 indican las fluctuación de las dosis de nitrógeno en lotes menos productivos (rango inferior de la dosis) a lotes mas productivos (rango superior de la dosis).

### Ajuste de las dosis de Nitrógeno con Base en la Relación N:TC

El ajuste de las dosis de nitrógeno de los programas actuales de fertilización significa optimizar de una mejor manera la inversión de los fertilizantes químicos utilizados en los ingenios, evitando la sobredosificación en áreas de baja respuesta y adecuando la dosis en áreas con mayores probabilidades de respuesta.

Tomando en cuenta que los ingenios actualmente en su totalidad utilizan los criterios de productividad del cañaveral y la edad de la cepa para establecer las dosis de N a utilizar se pretende revisar la relación actual de N:TC incorporando el criterio de MO como criterio de decisión en la recomendación.

El ajuste de las dosis de N se espera tendrá un mayor impacto económico en los programas de fertilización de caña soca por la variabilidad que existe en las relaciones N:TC para un mismo rango de productividad (mismo grupo de productividad). La variación de la relación dependerá de la amplitud del rango de productividad que se este utilizando siendo máxima la variación en los casos en donde actualmente solo hay dos categorías (alta y baja productividad).

En caña plantía el ajuste es de menor impacto debido a que los ingenios actualmente fertilizan acorde o muy similares con las recomendaciones dadas en el Cuadro 3.

En el Cuadro 4 se presenta un caso para caña soca donde el programa actual de fertilización esta basado exclusivamente en el criterio de rendimiento de caña expresado en toneladas de caña por hectárea TCH (o productividad) con tres agrupaciones de la siguiente manera: baja (< 90 TCH); media (90 – 110 TCH) y alta (> 110 TCH), con aplicaciones respectivas de 100, 120 y 140 kg de N/ha.

La relaciones actuales de N:TC del programa indicado varían de >1.12, 1.33–1.09 y < 1.26 para las categorías de productividad baja, media y alta respectivamente.

En este mismo cuadro se detallan los datos indicados mostrando la variación intra grupo de las relaciones N:TC al variar el nivel de TCH dentro de un mismo grupo comparándolos con las relaciones N:TC estimadas de 1.14 y 1.0 según la MO del suelo.

**Cuadro 4.** Variación intra-grupo de las relaciones N:TC actuales y su variación con respecto a los valores de referencia de 1.14 y 1.0.

| Dosis N actuales<br>(kgN/ha) | Productividad (TCH) |                    | <sup>1/</sup> Relación<br>N:TC actuales | Diferencia de Rel N:TC actual y Rel<br>N:TC referencia |                                 |
|------------------------------|---------------------|--------------------|---|--|---------------------------------|
|                              | Grupo               | TCH<br>Intra-grupo |   | MO < 3.0%<br>Relación N:TC: 1.14                       | MO > 3.0%<br>Relación N:TC: 1.0 |
| 100                          | < 90                | 80                 | 1.25                                    | + 0.11   | + 0.25                          |
| 100                          |                     | 85                 | 1.17                                    | + 0.03   | + 0.17                          |
| 100                          |                     | 89                 | 1.12                                    | - 0.02   | + 0.12                          |
| 120                          | 90 - 110            | 90                 | 1.33                                    | + 0.19   | + 0.33                          |
| 120                          |                     | 95                 | 1.26                                    | + 0.12   | + 0.26                          |
| 120                          |                     | 100                | 1.20                                    | + 0.06   | + 0.20                          |
| 120                          |                     | 105                | 1.14                                    | 0.00   | + 0.14                          |
| 120                          |                     | 110                | 1.09                                    | - 0.05   | + 0.09                          |
| 140                          | > 110               | 111                | 1.26                                    | + 0.12   | + 0.26                          |
| 140                          |                     | 115                | 1.21                                    | + 0.07   | + 0.21                          |
| 140                          |                     | 120                | 1.17                                    | + 0.03   | + 0.17                          |
| 140                          |                     | 125                | 1.12                                    | - 0.02   | + 0.12                          |

<sup>1/</sup>Relación N:TC actuales: Dosis N actual/TCH intra-grupo.

Se observa que dentro de un mismo grupo la relación N:TC aumenta en la medida que disminuye la productividad debido a que la dosis de N permanece constante. Esta variación es mas grande en la medida que los rangos de productividad sean mas amplios.

Las diferencias entre las relaciones N:TC actuales y N:TC de referencia indican claramente que las mayores oportunidades de optimización se encuentran en los suelos con contenidos de MO arriba del 3.0 por ciento.

En el Cuadro 5 se presenta un ejemplo de cómo reducir la variabilidad de las relaciones N:TC introduciendo una categoría más de productividad en la categoría intermedia utilizando las relaciones de referencia según la MO del suelo.

La categoría intermedia agrupa la mayor parte de datos de productividad de tal manera que lo que aquí se haga tendrá un mejor impacto en los ajustes.

**Cuadro 5.** Variación intra-grupo de las relaciones N:TC adicionando una nueva categoría de Productividad.

| Productividad (TCH) |                 | <sup>1/</sup> Dosis N ajustada (kgN/ha) |             | <sup>2/</sup> Relación N:TC ajustada (KgN/Tm de caña) |             |
|---------------------|-----------------|---|-------------|---|-------------|
| Grupo               | TCH Intra-grupo | MO: < 3.0 %                             | MO: > 3.0 % | MO: < 3.0 %   | MO: > 3.0 % |
| < 90                | 80              | 100                                     | 90          | 1.25  | 1.12        |
|                     | 85              |   |             | 1.17  | 1.05        |
|                     | 89              |   |             | 1.12  | 1.01        |
| 90 - 100            | 90              | 114                                     | 100         | 1.27  | 1.11        |
|                     | 95              |   |             | 1.20  | 1.05        |
|                     | 100             |   |             | 1.14  | 1.0         |
| 101-110             | 101             | 126                                     | 110         | 1.25  | 1.09        |
|                     | 105             |   |             | 1.2   | 1.05        |
|                     | 110             |   |             | 1.14  | 1.00        |
| > 110               | 111             | 138                                     | 120         | 1.24  | 1.08        |
|                     | 115             |   |             | 1.2   | 1.04        |
|                     | 120             |   |             | 1.15  | 1.0         |

<sup>1/</sup>Dosis N ajustada: Estimado a partir del TCH superior de cada Intra-grupo multiplicado por la Relación N:TC de referencia correspondiente (1.14 y 1.0)

<sup>2/</sup>Relación N: TCH ajustada: Dosis N ajustada/TCH intra-grupo.

En el Cuadro 5 se observa que dividiendo la categoría media (90 – 110 tm/ha) en dos: de 90 a 100 y de 101 a 110 Tm de caña/ha y ajustando las dosis de N con las relaciones N:TC de referencia se logran dosis de N mas equilibradas y relaciones N:TC intra grupo mas uniformes. Se observa que en los suelos con altos contenidos de MO (MO > 3.0) las recomendaciones de N se reducen significativamente con relación a las recomendaciones originales del Cuadro 3, variando de 100 a 90 kg de N/ha en el rango de productividad inferior (< de 90); de 120 a 100 kg de N/ha en el rango de productividad medio inferior (90 – 100 Tm/ha); de 120 a 110 kg de N/ha para el rango intermedio superior (100 – 110 Tm/ha) y de 140 a 120 kg de N/ha en la categoría alta de productividad (>110 Tm de caña/ha).

Evidentemente se pueden lograr mejores ajustes en los programas introduciendo más categorías hasta llegar a recomendaciones a nivel de lote (recomendaciones por sitio específico), sin embargo hay que tomar en cuenta que todo Programa de Fertilización debe de ser operativo y funcional, para lo que hay que tener presente las posibilidades reales y la factibilidad económica del programa.

Es recomendable que cada ingenio revise su programa de fertilización actual y hacer los ajustes necesarios de la dosis en forma preliminar. Seguidamente este programa deberá de ajustarse y validarse en términos técnicos y operativos, tomando en cuenta otras particularidades del sitio y manejo que ayuden a precisar y operativizar las recomendaciones. Finalmente es importante enfatizar en la necesidad de revisar y supervisar que las aplicaciones se hagan correctamente incluyendo la adecuada calibración de las abonadoras y las épocas y formas de aplicación de los fertilizantes.

### **Revisión de dosis de N en función del incremento de precios del fertilizante**

Las dosis óptimas económicas de N (DOEN) deben de adecuarse a la variación de precios del N y precios del azúcar especialmente en circunstancias como las actuales en que los fertilizantes químicos han

experimentado aumentos de precios sustanciales. La variación de las DOEN con precios dados varía dependiendo de la respuesta del cultivo al N. Cuando las respuestas a N son altas la variación en las DOEN son menores que cuando las respuestas son más bajas. En el Cuadro 6 se presenta la adecuación de las DOEN de un año a otro de acuerdo a la actualización de precios del fertilizante y del producto para suelos con diferentes respuestas a N en términos de MO del suelo.

**Cuadro 6.** Variación de la DOEN de 2007 a 2008 según la Variación de Precios del N.

| MO Suelo (%) | AÑO  | <sup>1/</sup> Rel de Precios I/P | <sup>2/</sup> DOEN (Kg/ha) | Reducción DOEN con Nuevos Precios (%) |
|--------------|------|----------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| > 5.0        | 2007 | 1.21                             | 109                        | 13.0                                  |
|              | 2008 | 1.93                             | 95                         |                                       |
| 3.0 - 5.0    | 2007 | 1.21                             | 126                        | 11.0                                  |
|              | 2008 | 1.93                             | 112                        |                                       |
| < 3.0        | 2007 | 1.21                             | 162                        | 8.6                                   |
|              | 2008 | 1.93                             | 148                        |                                       |

Precio Fertilizante: año 2007: US\$ 19.00/qq Urea; año 2008: US\$ 35.00/qq Urea.

Precio caña (sin CAT): año 2007: US\$ 15.8; año 2008: US\$ 17.8.

<sup>1/</sup>Rel de Precios I/P= Relación de Precios de: 1qq Urea/1Tm de caña.

<sup>2/</sup>DOEN: Dosis óptima económica de N. Estimadas de las funciones de producción para suelos con baja, media y alta MO.

Al incrementarse el precio del quintal del fertilizante de 19 a 35 dólares y ante un precio constante del precio del azúcar (en términos de precio de la tonelada de caña) las DOEN se reducen invariablemente. Sin embargo la reducción porcentual de la DOEN es menor en suelos con alta respuesta a N (MO<3.0%), con un 8 por ciento de reducción comparado con una reducción del 13 por ciento necesaria para suelos con menor respuesta (MO>5.0%).

### Alternativas para reducir la dependencia de los fertilizantes químicos nitrogenados

Entre las opciones y prácticas que se pueden utilizar para reducir las necesidades de fertilizantes nitrogenados en el cultivo se puede mencionar: El uso de los abonos verdes, uso de vinaza y cachaza, y fijación biológica de N.

#### Uso de abonos verdes

Los abonos verdes constituyen una de las opciones más viables para reducir el uso de N en el cultivo de caña de azúcar y es una práctica que ayuda a mejorar la productividad y sostenibilidad del cultivo. Introducir un cultivo como las leguminosas en el sistema convencional de caña trae además una serie de beneficios directos e indirectos al romper el monocultivo de caña de azúcar.

La siembra de *Crotalaria juncea* y *Canavalia ensiformis* como abonos verdes en rotación en semilleros de caña y en renovación de plantaciones permite un ahorro del 100 por ciento de la fertilización nitrogenada con incrementos esperados en la producción. En un suelo Mollisol de la región se observaron incrementos de 4 y 11 por ciento mas de semilla de caña con la rotación de *Crotalaria* y *Canavalia* respectivamente (Balaña, 2008). En Australia se reportan incrementos de tonelaje de 20 y 30 por ciento mas con la rotación de Soya y Maní en renovación de cañaverales (Garside *et al.* 2001).

En suelos Andisoles superficiales de Guatemala se ha determinado que la siembra en monocultivo de *Crotalaria juncea* puede acumular hasta 235 kg de N/ha en su biomasa aérea en solo 65 días, mientras que la acumulación de N en *Canavalia ensiformis* es un poco menor (175 kg de N/ha) (Perez *et al.* 2007).

Por otro lado se ha determinado que la intercalación de *Canavalia ensiformis* sembrado en los entresurcos de caña en las renovaciones y socas podría ser una opción en suelos con altos contenidos de MO como los suelos Andisoles superficiales de la región. Se observaron incrementos promedios de 9 por ciento en la producción de caña en dos ciclos (plantía y primera soca) con la intercalación de *Canavalia ensiformis* sin aplicación de N en los dos años.

Los abonos verdes constituyen un gran potencial para el ahorro de N en el cultivo de caña de azúcar. En el corto plazo se recomienda iniciar en los semilleros de caña debido a que a las áreas destinadas a los semilleros pasan de 3 a 4 meses sin un fin productivo. Se estiman que en un año se destinan mas de 5000 ha de semilleros. Mientras se conozca y adquiera mas experiencia en el manejo de las leguminosas será posible pensar su utilización en áreas de renovaciones donde hay una mayor presión de tiempo entre la cosecha y la siembra de la nueva plantación. Finalmente el sistema de intercalado deberá priorizarse en áreas marginales en donde el crecimiento de la caña es más lento por condiciones climáticas limitantes, áreas susceptibles a la erosión y áreas con problemas de plagas y enfermedades.

### Uso de Vinaza

La vinaza es un residuo industrial del proceso de destilación del alcohol y se compone básicamente de agua, MO y sales minerales y es utilizado en los campos de cultivo con el aumento de la productividad, economía en el uso de fertilizantes y mejoramiento de los suelos en general (Pennati *et, al.*, 2005).

Las posibilidades de poder reducir las dosis de N utilizadas en el cultivo de caña de azúcar en campos con vinaza pueden ser importantes. En el cuadro 7 se presenta el TCH promedio observado en tres años con la aplicación sucesiva de diferentes dosis de vinaza bajo diferentes dosis de N en un suelo Andisol de la región cañera de Guatemala.

**Cuadro 7.** Rendimiento Promedio de Caña (Tm/ha) con aplicaciones continuadas de Vinaza por tres años bajo tres niveles de N en un Suelo Andisol con contenido alto de MO.

| Vinaza<br>(m <sup>3</sup> /ha) | N (Kg/ha) |       |       | TCH Promedio<br>según dosis de<br>vinaza |
|--------------------------------|-----------|-------|-------|--|
|                                | 0         | 50    | 100   |  |
| 0                              | 99.2      | 105.6 | 106   | 103.4                                    |
| 30                             | 108.7     | 109.5 | 107.3 | 108.5                                    |
| 60                             | 108.3     | 110   | 113.7 | 110.7                                    |
| 90                             | 113.6     | 108.2 | 114.6 | 111.8                                    |
| 120                            | 116.6     | -     | -     | 116.6                                    |

En el Cuadro 7 se observa que en ausencia de vinaza el tonelaje aumentó con las dosis de N variando de 99.2 a 106.8 TCH de caña respectivamente con 0 y 100 kg de N/ha. Sin embargo en presencia de cualquier nivel de vinaza aplicado a partir de los 30 m<sup>3</sup>/ha no se observan incrementos significativos debido a las aplicaciones de N. En este sentido es importante resaltar que con los niveles más bajos de vinaza (30m<sup>3</sup>/ha) y “0” N se logran rendimientos en TCH equivalentes a las dosis más altas de N en ausencia de vinaza.

Debido a las diferencias de suelos existentes en la zona cañera de Guatemala se recomienda evaluar y validar a nivel semi comercial la reducción de diferentes niveles de N en campos aplicados con vinaza con el fin de tener información en el corto plazo para la toma de decisiones sobre la optimización del uso del N y de la vinaza.

### **Fijación biológica de Nitrógeno**

La fijación biológica de N (FBN) en el cultivo de caña de azúcar es un tema reciente y de gran interés debido al enorme potencial que este tema representa en la nutrición del cultivo y en la economía del nitrógeno.

La FBN en el cultivo de caña de azúcar esta soportado por el descubrimiento de bacterias diazotroficas endofíticas en el cultivo siendo *Gluconacetobacter diazotrophicus* la bacteria mas estudiada y mas relacionada con el proceso.

Brasil es el país que mas ha avanzado en el tema de la FBN y el avance mas reciente se refiere a la terminación de la secuenciación del genoma de *Gluconacetobacter diazotrophicus*. Este avance permitirá en los próximos años tener información sobre los genes involucrados en la interaccion de la bacteria con los genotipos de caña. Con los genes descifrados se podrá aumentar la eficiencia de la FBN a través de biotecnología (Segundo Urquiaga, comunicación personal).

En Guatemala se ha aislado *Gluconacetobacter sp.* en la mayoría de variedades de caña de azucar y se ha encontrado que algunas variedades como la PGM89-968 a nivel experimental fueron capaces de obtener mas del 50 por ciento de su N via FBN (Pérez *et al* 2005).

### **Bibliografías**

Balañá P. 2008. Alternativas agro-ecológicas para el aporte de N: La *Crotalaria juncea*, *Canavalia ensiformis* y *Mucura sp.* en semilleros comerciales de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Presentación en Power Point en Comité de Fertilización, CENGICAÑA. Guatemala.

Garside A.L., Bell. M.J.M; Berthelsen J.E. and Halpin. 2001 Species and management of fallow legumes in sugarcane farming system. In the Australian Society of Agronomy. <http://www.regional.org.au/au/asa/2001/2/a/garside2.htm>

Ingenio La Unión. 2005 Resultados de Investigación Zafra 2004-2005. Departamento de Investigación. 25-38 P. Guatemala.

Pennati, C.P.; De Araujo, J.V.; Donzelli, J.LM De Souza S.A.V.; Forti J.A. and Ribeiro R. 2005. Vinasse: A liquid fertilizer. Proc. Int. Soc. Sugarcane Technol. 25 (1): 403-411 p.

Pérez O. 2007. Guía de Recomendaciones de Nitrógeno para el cultivo de la caña de azúcar en la zona cañera de Guatemala. <http://www/portal/compartir/noticias/informes%20especiales/guiafertilizacionn.html>

Pérez O. 2001. Fertilización nitrogenada en caña de azúcar. Síntesis de Resultados de Investigación en la Zona Cañera de Guatemala. En: Memoria del X Congreso Nacional de ATAGUA, Guatemala. 98-104 P.

Pérez O.; Hernández, F.; López, A.; Balañá, P.; Solares, E. y Maldonado, A. 2008. The use of green manure as an alternative to improve and sustainability of the sugarcane crop. Sugar Journal. Vol: 70. No. 9. 14-21 p.

Pérez O.; Ovalle, W.; Urquiaga S. 2005. Update on biological nitrogen fixation research on sugarcane in Guatemala. Proc. Int. Soc. Sugarcane Technol. 25 (2): 14-23 p.