



**JOSÉ MARTÍ PÉREZ**

**FACULTAD INGENIERÍA**

**CARRERA : INGENIERÍA EN PROCESOS AGROINDUSTRIALES**

## **TRABAJO DE DIPLOMA**

**INFLUENCIA DE LA FERTILIZACIÓN MINERAL NITRÓGENADA EN LAS CARACTERÍSTICAS  
AGROINDUSTRIALES DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*)**

Autora: Yusimy Rodríguez Llonart

Tutores: MSc. Ing. Agrónomo Irán Rodríguez Delgado

MSc. Lic. Yolanda M. Carbonell Cabarga

Curso 2013-2014

## PENSAMIENTO

«Surge de esto una necesidad innata, hay que introducir en nuestra tierras los instrumentos nuevos, hay que enseñar a nuestros agricultores los métodos probados con que en los mismos frutos logran lo de otros pueblos resultados pasmosos»

**José Martí**

## **Dedicatoria:**

A mis padres, esposo, familiares y compañeros.

Por su constante aliento para nuestra superación, así como su apoyo moral en los momentos difíciles que enfrentamos en nuestros estudios, donde el estado de ánimo decaía y ellos de una forma u otra siempre nos animaban y nos alentaban a seguir adelante hasta obtener la meta asignada y con sus consejos nos han guiado siempre por un solo camino “El de la verdad”.

A mis hijos en los cuales me he inspirado para seguir siempre adelante.

A la revolución.

Ya que hace posible el ascenso cultural de la nación y que miles de compañeros alcancen ese objetivo trazado.

A nuestros profesores.

Ya que nos han dado los conocimientos necesarios recogidos de esa inagotable fuente, que es la educación.

A todos los compañeros que juntos hemos entregado todo el interés al estudio y nos hemos dado el ánimo necesario para seguir adelante así como a los que no pudieron llegar hasta el final junto a nosotros.

## RESUMEN

El trabajo titulado: Influencia de la fertilización mineral nitrogenada en las características agroindustriales de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*), se desarrolló basado en resultados de estudios conducidos en diversas regiones del mundo donde reportan que al menos del 30 al 50 % del rendimiento de los cultivos es atribuible a los nutrientes aplicados por medio de los fertilizantes comerciales.

Entre los nutrientes esenciales, el N es el que con más frecuencia limita el crecimiento y el rendimiento de los cultivos.

Como Problema Científico se identificó el siguiente:

¿Cuál es la influencia de la fertilización mineral nitrogenada en las características agroindustriales del cultivo de la caña de azúcar?

Y como Objetivo general: Determinar la influencia de la fertilización mineral nitrogenada en las características agroindustriales del cultivo de la caña de azúcar.

La Hipótesis plantea lo siguiente: El conocimiento de la influencia de las aplicaciones de fertilizantes minerales nitrogenados en el cultivo de la caña de azúcar, contribuirá a establecer criterios sobre la respuesta ante el nitrógeno y propiciar el empleo económico de este nutriente en el marco de una agricultura sostenible.

Se realizó un Diseño Experimental con Conteo de tallos por metro cuadrado, Altura de los tallos, Grosor de los tallos, Peso de los tallos y Comportamiento de los resultados del jugo de la caña.

Por el análisis de los parámetros Brix y Pol se pudo detectar que el experimento VIII es el de mejor comportamiento en cuanto al contenido de sacarosa en el jugo expresado por el % de Pol según análisis realizado, no siendo así con el Brix que tuvo poca variabilidad en las muestras analizadas.

## Summary

Entitled work: The influences of mineral fertilization nitrogenized in agroindustrial characteristics of sugar cane (*Saccharum spp.*), He developed based in results of studies conducted at various regions of the world where they yield than to the less than the 30 to the 50 % of the performance of cultivations he is attributable to nutrients applied by means of commercial fertilizers.

Enter essential nutrients, the N is the than with more frequency he limits the growth and the performance of cultivations.

As scientific problem identified the following herself:

Which is nitrogenized the influence of mineral fertilization in agroindustrial characteristics of the cultivation of sugar cane?

And like Objective general: Determining nitrogenized the influence of mineral fertilization in agroindustrial characteristics of the cultivation of sugar cane.

The Hypothesis presents the following: The knowledge of the influence of the applications of mineral fertilizers nitrogenized in the cultivation of sugar cane, he will contribute to establishing criteria on the answer in front of nitrogen and to propitiate the job cheap to run of this nutrient in a sustainable agriculture's frame.

A Design Experimental with Counter of stems for square meter, Height of stems, Thickness of stems, Weight of stems and Behavior of the results of the juice of the cane were accomplished.

For the analysis of parameters Brix and Pol could detect himself than the experiment VIII is the one with behavior as to the contents of sucrose in the juice expressed by the % of Pol according to realized analysis, no being thus with the Brix that less had variability in examined signs better.

# Índice

Introducción.....	1
<b>Capítulo 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>6</b>
<b>1.1 Uso del nitrógeno.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2 Evolución de los criterios para la fertilización nitrogenada de la caña de azúcar en Cuba, después de 1959</b>	<b>6</b>
<b>1.3 Nitrógeno. Un nutriente esencial para la planta</b>	<b>8</b>
<b>1.4 Mineralización e Inmovilización del N</b>	<b>8</b>
<b>1.4.1 Mineralización</b>	<b>8</b>
<b>1.4.2 Inmovilización</b>	<b>10</b>
<b>1.5 Balance del N en un agroecosistema cañero</b>	<b>11</b>
<b>1.5.1 Pérdidas de nitrógeno</b>	<b>11</b>
<b>1.5.1.1 Exportación del N por la cosecha</b>	<b>11</b>
<b>1.5.1.2 Quema de la caña para la cosecha</b>	<b>12</b>
<b>1.5.1.3 Desnitrificación</b>	<b>12</b>
<b>1.5.1.4 Volatilización</b>	<b>13</b>

<b>1.5.1.5 Lavado</b>	14
<b>1.5.1.6 Erosión</b>	15
<b>1.5.2 Ganancias de nitrógeno</b>	15
<b>1.5.2.1 Fijación de N</b>	15
<b>1.5.2.2 Aportes de nitrógeno por las lluvias</b>	16
<b>1.6 Eficiencia del uso de los fertilizantes nitrogenados</b>	16
<b>1.7 Factores relacionados con la fertilización nitrogenada en caña de azúcar</b>	18
<b>1.7.1 Relación nitrógeno-variedad</b>	18
<b>1.7.2 Influencia de la cepa</b>	19
<b>1.7.3 Portadores de nitrógeno</b>	20
<b>1.7.4 Condiciones del suelo</b>	21
<b>1.7.5 Influencia de la lluvia</b>	21
<b>1.7.6 Nivel de rendimiento</b>	22
<b>1.8 La materia orgánica y el N total</b>	23
<b>1.9 Consideraciones económicas en el manejo de los fertilizantes</b>	24
<b>CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	25

<b>2.1 Ubicación del experimento</b>	25
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	30
<b>3.1 Análisis de las incidencias de la producción de semilla en relación con la fertilización nitrogenada de la caña de azúcar</b>	30
<b>3.1.1 Resultados del experimento analizando la altura del tallo al final de la cosecha.</b>	30
<b>3.1.2 Resultados del experimento analizando el conteo de los tallos por m<sup>2</sup></b>	30
<b>3.1.3 Resultados del experimento analizando el grosor de los tallos por m<sup>2</sup></b>	30
<b>3.1.4 Peso de la muestra de los tallos de cada experimento</b>	31
<b>3.1.5 Comportamiento del Rendimiento Agrícola mostrado por la variedad para cada uno de los experimentos realizados.</b>	31
<b>3.1.6 Análisis del comportamiento de los resultados del jugo de la caña de azúcar.</b>	32
<b>CONCLUSIONES:</b>	41
<b>RECOMENDACIONES</b>	42
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	43
<b>ANEXOS</b>	66



## INTRODUCCIÓN

En una agricultura sostenible, comprometida con la restitución al suelo de los nutrientes perdidos, constituye la fertilización una práctica agrícola indispensable, estrechamente vinculada a la necesidad de incrementar o mantener el rendimiento a un nivel alto, de manera que el proceso productivo sea rentable.

Resultados de estudios conducidos en diversas regiones del mundo reportan que al menos del 30 al 50 % del rendimiento de los cultivos es atribuible a los nutrientes aplicados por medio de los fertilizantes comerciales (Stewart *et al.*, 2005; Fixen y García, 2007). Entre los nutrientes esenciales, el N es el que con más frecuencia limita el crecimiento y el rendimiento de los cultivos (Havlin *et al.*, 1999). La mayoría de los suelos no tienen suficiente N en forma disponible para las plantas mantener altas producciones. Se le considera responsable del 20 al 40 % del incremento de los rendimientos y es el que más dificultades presenta para ser suministrado al cultivo.

Por razones económicas y ambientales, el uso del N en la agricultura debe ser restringido, sujeto a criterios técnicos sobre bases científicas; económicas, por los costos elevados de los insumos y ambientales, por el efecto contaminante de N mineral lixiviado (nitratos) sobre las aguas del manto freático, fuentes fluviales y depósitos superficiales, conjuntamente con el daño del volatilizado (óxidos) a partir de la desnitrificación, con sus efectos destructores de la capa de ozono y su contribución a la manifestación del efecto invernadero (Pinochet *et al.*, 2004; Stewart, 2007; Chien *et al.*, 2009).

Los fertilizantes nitrogenados son una importante fuente de contaminación del suelo y de las aguas. Los compuestos que contienen iones de cianuro forman sales extremadamente tóxicas y son mortales para numerosos animales, entre ellos los mamíferos.

Van Dillewijn (1975) refiriéndose a la gran importancia funcional de este elemento destacó que, aunque constituye sólo una fracción de 1 % de la masa total de la caña madura, su papel es comparable a los del carbono, el hidrógeno y el oxígeno, que en su conjunto constituyen más de 98 % de la materia seca.

Los efectos del N sobre la caña de azúcar pueden sistematizarse en dos grupos: uno que comprende la acción sobre el rendimiento agrícola y otro la acción sobre la calidad del jugo. El primer grupo es afectado por las deficiencias del nutriente, mientras que el segundo lo es por los excesos. Cuando el N se aplica sin atender a otros factores limitativos y, por consiguiente, no se obtienen beneficios, se está aplicando en demasía, situación que ocurre con frecuencia. La aplicación de N en exceso, aún sin que llegue a causar daños a la planta, constituye una erogación de recursos económicos sin retribución que afecta la rentabilidad del productor.

Un notable aspecto a tenerse en cuenta con relación al uso excesivo de nitrógeno es la contaminación del medio ambiente. Los fertilizantes nitrogenados están entre los productos más contaminantes usados en la agricultura. Sus óxidos volátiles contribuyen al efecto invernadero y a la destrucción de la capa de ozono; los nitratos lavados contaminan el agua freática y las corrientes fluviales, pudiendo llegar a causar serias afecciones al hombre y otros animales, provocando enfermedades tales como: cáncer y metahemoglobinemia.

Diversas son las opciones y prácticas que existen para disminuir o reemplazar el uso de fertilizantes minerales, sobre todo en relación con la nutrición nitrogenada, (Pérez *et al.*, 2008).

Estimados globales sugieren que los fertilizantes nitrogenados representan el 80 % del costo total de los fertilizantes (Stangel, 1984).

En comparación con otros cultivos, la caña de azúcar es consumidora de grandes cantidades de N (FAO, 2003). En Cuba es el cultivo más extendido (supera las 660 000 ha plantadas) y el más alto consumidor de fertilizantes nitrogenados.

Las recomendaciones de fertilizantes en Cuba apenas datan del año 1976, emitidas en aquel entonces por el Ministerio de la Agricultura (MINAG) con asesoría soviética. En el año 1980 surgió una versión del Ministerio del Azúcar (MINAZ) para su utilización en áreas cañeras (López, 1980). Seis años más tarde, en 1986, el Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) estableció una versión en la que integró las experiencias alcanzadas y generalizó los resultados obtenidos por esta institución científica desde su creación (INICA, 1986). En el año 1993 el INICA realizó una nueva versión, basada en la revisión y perfeccionamiento de la de 1986 (INICA, 1993). En el año 1998, producto de los resultados del Proyecto 104 del CITMA «Generación de Recomendaciones de Fertilizantes sobre Bases Experimentales» surgió el modelo de recomendaciones hoy vigente (INICA, 2001).

Los métodos utilizados para diagnosticar los requerimientos de N por los cultivos han permitido hacer uso cada vez más eficiente de este

nutriente, sin embargo, aún queda mucho por hacer para sincronizar los aportes de N, en tiempo, espacio y cantidad, con la demanda de las plantas. Es necesario llegar a conocer con exactitud el coeficiente de aprovechamiento real del N del suelo y del que aporta el fertilizante para cubrir el déficit generado por el requerimiento del cultivo.

### **Problema científico**

¿Cuál es la influencia de la fertilización mineral nitrogenada en las características agroindustriales del cultivo de la caña de azúcar?

### **Objetivo general**

Determinar la influencia de la fertilización mineral nitrogenada en las características agroindustriales del cultivo de la caña de azúcar.

### **Objetivos específicos**

1. Realizar la revisión bibliográfica para obtener la base teórica de la investigación.
2. Analizar el efecto de diferentes dosis de nitrógeno en las características fenológicas del cultivo de la caña de azúcar (número de tallos, altura del tallo, grosor del tallo, largo del entrenudo y hojas activas).
3. Determinar la influencia de la fertilización mineral nitrogenada en las características industriales de la caña de azúcar (brix, pol.).

### **Hipótesis**

El conocimiento de la influencia de las aplicaciones de fertilizantes minerales nitrogenados en el cultivo de la caña de azúcar, contribuirá a establecer criterios sobre la respuesta ante el nitrógeno y propiciar el empleo económico de este nutriente en el marco de una agricultura sostenible.

## **Métodos y técnicas empleados en la investigación.**

### **Método General: Dialéctico Materialista.**

**Métodos Teóricos** que se emplearon:

**Análisis y Síntesis:** permitió realizar la consideración de las diferentes temáticas que se relacionan en la bibliografía revisada, para la discusión de los datos de la investigación.

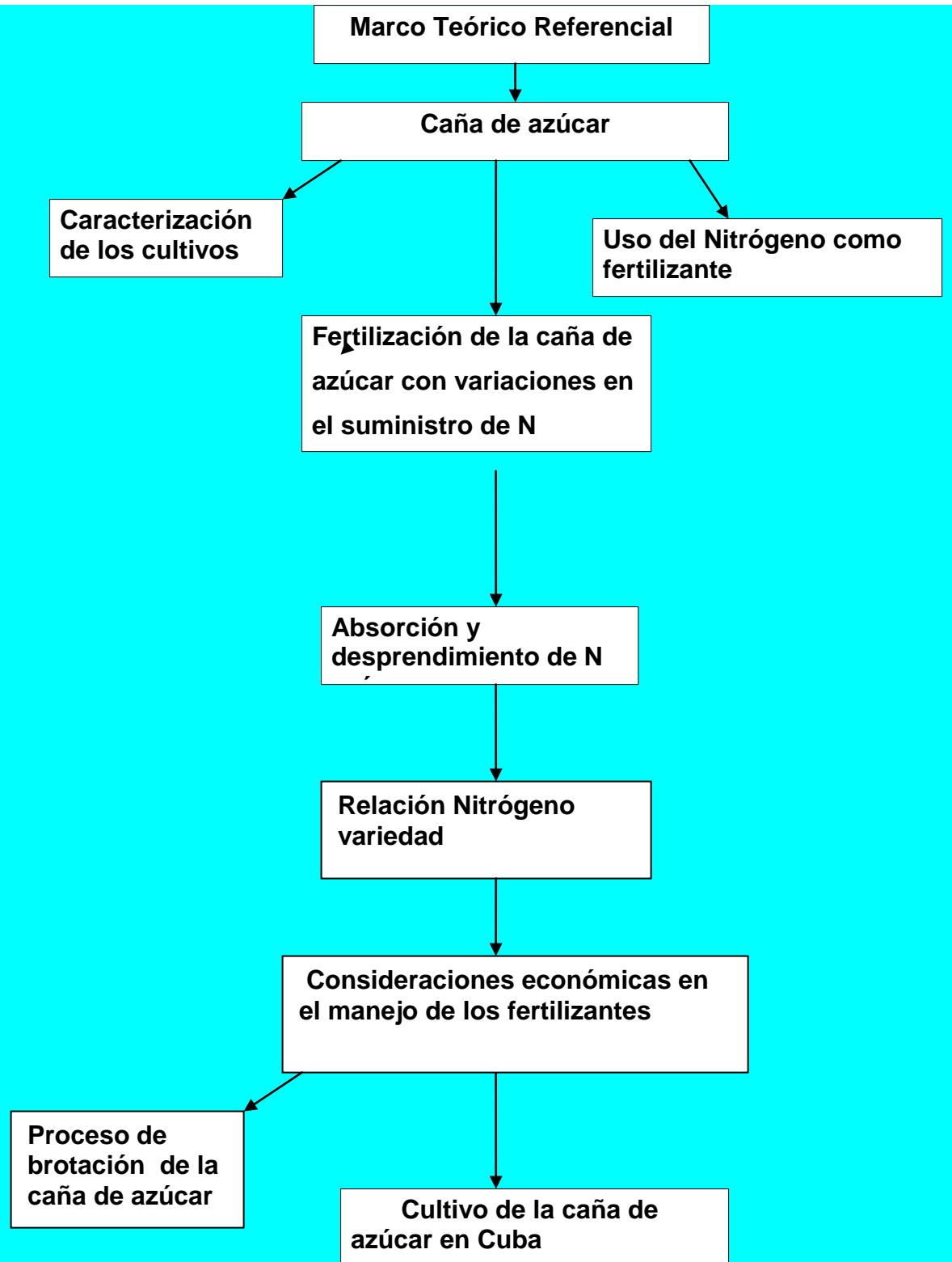
**Inductivo Deductivo:** empleado para la inducción en el proceso de los resultados investigados, pudiendo mediante el mismo realizar la deducción de las formulaciones teóricas. La interacción de ambos métodos posibilitó adquirir nuevos conocimiento de la realidad, dando la posibilidad de descubrir regularidades en la revisión bibliográfica y en los resultados del diagnóstico de las formulaciones utilizadas.

**Histórico Lógico:** se utilizó para el análisis de los antecedentes y tendencias del trabajo realizado.

**Del nivel Empírico:** Se sirvió el método de **la Observación:** para comprobar el desarrollo de las actividades realizadas al cultivo, así como el crecimiento y desarrollo del mismo.

**Del nivel matemático:** Se trabajó con el por ciento, para cuantificar, procesar y codificar los datos numéricos, que permitieron la interpretación del problema, con el uso de medios de computación y el Programa Estadístico: SPSS 15.0.

De acuerdo con todos lo anterior se decidió estructurar el trabajo de la siguiente forma: Introducción, Desarrollo (Compuesto de 3 Capítulos), Conclusiones, Recomendaciones, Bibliografía y Anexos.



## **CAPÍTULO 1: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **1.2 Uso del nitrógeno**

Las demandas mundiales de alimentos, fibra y biocombustibles asociadas con el crecimiento de la población hacen necesario un énfasis en el incremento de la producción mundial de cultivos. A medida que se incremente el uso de fertilizantes nitrogenados aumentará también la preocupación por los efectos ambientales de dicho aumento. Se estima que mucho del crecimiento en el uso de fertilizantes portadores de nitrógeno ocurrirá en regiones tropicales y subtropicales del planeta y en consecuencia se espera que las futuras deposiciones de nitrógeno aumenten en estas regiones. Por esta razón, existe una urgente necesidad de incrementar la eficiencia de uso y la efectividad de los fertilizantes nitrogenados en los sistemas de cultivo, especialmente en estas regiones del mundo (Snyder, 2009).

Se estima que en el año 2050 la población mundial alcanzará los 9,3 billones de habitantes y que será necesario aumentar entre 50 y 70% la producción de alimentos. De no existir un incremento de la eficiencia de la fertilización debería entonces haber un incremento de igual magnitud en el uso de fertilizantes nitrógenos. De allí la necesidad de aumentar la eficiencia de uso de nitrógeno (Boarretto *et al.*, 2008).

El eminente científico cubano Don Álvaro Reynoso, consideró necesario «indagar sobre los abonos propios para que la caña se desarrollara con mayor vigor, aumentando la proporción de azúcar que podía producir, en qué cantidad era más útil usarlos, teniendo en cuenta las propiedades físicas del terreno y su composición química, en que épocas del año y momento del crecimiento era más beneficioso su uso, inquiriendo, además, si conviene o no repetir a menudo su introducción en la tierra» (Reynoso, 1862).

### **1.2 Evolución de los criterios para la fertilización nitrogenada de la caña de azúcar en Cuba, después de 1959**

Al triunfo de la Revolución se contaba con una reducida información experimental acerca de la aplicación de fertilizantes en caña de azúcar en el país. Se conocía de algunos experimentos de campo plantados en la costa norte de la provincia Holguín, pertenecientes a las áreas cañeras de los ingenios “Preston” y “Boston” (hoy Complejos Agroindustriales “Nicaragua” y “Guatemala”, respectivamente), conducidos por investigadores de la antigua Estación Experimental de la Caña de Azúcar de Mayarí, (hoy EPICA Holguín) dedicada

básicamente, en aquel entonces, a la obtención de variedades más que a la experimentación en el uso de los abonos. Durante el período 1951-1960, el empleo de fertilizantes estuvo localizado, fundamentalmente, en el occidente del país, se usaron cantidades muy bajas, apenas unas 80 mil toneladas, que se aplicaban sin tener en cuenta criterios científicos.

A mediados de los años 70 se publicó el mapa básico de suelos de Cuba a escala 1: 50 000, dando inicio a una nueva etapa en los estudios edafológicos de variados agroecosistemas, incluyendo el de caña de azúcar, lo que significó un salto cualitativo en los métodos de diagnóstico y evaluación de la fertilidad de los suelos, al tiempo que sirvió como base para elaborar recomendaciones de fertilizantes para el servicio agroquímico, en el que se consideraron criterios como: análisis de suelo, resultados de las estaciones experimentales, rendimiento esperado, métodos de aplicación y efectos económicos, entre otros (MINAZ, 1988).

Hasta 1974, se aplicaron dosis fijas de fertilizantes, una para las cepas de planta y otra para los retoños, en cantidades de alrededor de 149 kg ha<sup>-1</sup> para los portadores nitrogenados y 298 kg ha<sup>-1</sup> para fórmula completa (7,5-6-18), asumiendo exclusivamente el número de cortes realizado a la plantación, sin considerar el tipo de suelo, sus contenidos y formas de nutrientes, rendimientos agrícolas y resultados experimentales (Pineda, 2001). Los procedimientos técnicos para el uso y manejo de los fertilizantes en caña de azúcar en Cuba, aparecieron por primera vez en forma de metodología en el año 1976, como resultado de los trabajos realizados por el Ministerio de la Agricultura, con la consecuente asesoría técnica de especialistas provenientes de la extinta Unión Soviética.

Como resultado de un acercamiento progresivo a las necesidades reales de los campos de producción, el MINAZ dispuso en los inicios de los años de 1980, de sus primeras recomendaciones de fertilizantes para la caña de azúcar, pudiendo integrar diferentes elementos en un sistema de reportes de salida que comprendía las variables, tipos de suelo, rendimiento agrícola, cepas, lluvia y contenido nutricional del suelo (López, 1981). En 1986, se integraron conocimientos y experiencias mediante la generalización de los resultados obtenidos por el INICA y otros centros de investigación, elaborándose una nueva metodología que estuvo vigente hasta 1993. En esta ocasión se ampliaron los criterios para recomendar dosis de nitrógeno, atendiendo a las condiciones de hidromorfía y compactación del suelo, así como al manejo de este elemento a nivel predial (Villegas *et al.*, 1993).

Las recomendaciones anteriores para el uso de los fertilizantes minerales en el cultivo de la caña de azúcar en Cuba, fueron el resultado de trabajos locales, generalizaciones y tesis de grados, realizadas por investigadores del Departamento de Suelos y Agroquímica del

INICA, universidades y otros centros de investigación del país (Pérez, 1982; Angarica, 1985; Iznaga, 1986; León, 1990; Hernández, 1996). Todos estos estudios tuvieron en mayor o menor grado un carácter local o regional y para los mismos, generalmente, se seleccionaron los experimentos o las cosechas (León y Villegas, 1996).

### **1.3 Nitrógeno. Un nutriente esencial para la planta**

Después del agua, el nitrógeno (N) constituye el principal factor limitante de la productividad del cultivo de la caña de azúcar. Un manejo eficiente de este nutriente requiere de la elaboración de un correcto diagnóstico de sus necesidades a fines de efectuar recomendaciones ajustadas de fertilización que optimicen la nutrición nitrogenada del cultivo.

El nitrógeno es el elemento más estudiado dado que: (i) a diferencia de los demás nutrientes, no existe en la fracción mineral del suelo y su disponibilidad depende de la presencia de materia orgánica mineralizable y de los procesos de fijación biológica de este elemento atmosférico fundamentalmente; (ii) representa el elemento más limitante en las zonas tropicales, en la mayoría de los bosques templados y en ecosistemas áridos y semiáridos, y (iii) cuando no es limitante (disponibilidad > absorción por las plantas) su riesgo de pérdida en forma de nitrato, tiene importantes implicaciones ecológicas (Mazzarino, 2002).

El N es un nutriente fundamental para el crecimiento de las plantas, es necesario para la síntesis de la clorofila y de los sistemas de energía en la planta, está involucrado en el proceso de la fotosíntesis. La deficiencia de N provoca una disminución del proceso fotosintético, resultando en una clorosis de las hojas, que se inicia en las hojas más viejas y luego se traslada a las más jóvenes, a medida que la deficiencia se torna más severa. La planta pierde la habilidad de ejecutar funciones esenciales, como la absorción de nutrientes, provocando disminución en el crecimiento, grosor y cantidad de tallos por plantón. Las plantas deficientes generalmente tienen menor cantidad de hojas, más pequeñas y rígidas (León, 1997).

### **1.4 Mineralización e Inmovilización del N**

#### **1.4.1 Mineralización**

El suelo contiene una proporción relativamente alta de N orgánico (no disponible para las plantas) y cantidades muy bajas de N inorgánico (disponible) que representa sólo de 2 a 3%. El N orgánico puede representar aproximadamente de 97 a 98% del total de éste



en el suelo, pero al transformarse por la acción de los microorganismos, forma N mineral asimilable por los cultivos, este proceso es

conocido como mineralización y ocurre a medida que los microorganismos del suelo descomponen la materia orgánica para obtener energía. En este proceso se distinguen dos etapas, la amonificación y nitrificación (Fundora *et al.*, 1992; Körshens *et al.*, 1998; Cabrera y Bouzo, 1999; INPOFOS, 2000; Verchot, 2001).

El primer producto resultante de la mineralización de la materia orgánica es el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), proveniente de la descomposición de proteínas, aminoácidos y otros compuestos. La conversión de sustancias más complejas a amonio se denomina amonificación y se caracteriza por ser una etapa de reacción lenta, que tiene lugar en presencia o ausencia de oxígeno, en medio neutro o alcalino, y consiste en la transformación del N-orgánico en N-amoniaco, conformada por la actividad de la flora microbiana del suelo (bacterias, hongos, actinomicetos (León, 1997; Arian *et al.*, 2000).

La mayor parte del amonio en el suelo se convierte en nitrato por medio de las bacterias nitrificantes. Este proceso se denomina nitrificación. Es la fase final de la descomposición de la materia orgánica, ocurre con rapidez, bajo condiciones exclusivamente aeróbicas, desarrollada en dos fases, dependiente cada una de diferentes grupos de bacterias autotróficas aerobias, oxidando primero al amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) de forma rápida por la acción de bacterias Nitrosomonas hasta nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), y éste luego, muy rápidamente hasta nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) por la acción de la Nitrobacter, con lo que se evita que el  $\text{NO}_2^-$  pueda alcanzar concentraciones tóxicas para las plantas. Los requisitos químicos para estos procesos son temperatura ( $25^\circ\text{C}$  a  $35^\circ\text{C}$ ), pH de 7 a 9, y aireación adecuada en el suelo (Arzola *et al.*, 1998; Cabrera y Bouzo, 1999; Verchot *et al.*, 2001; Larraín, 2002; Dalal, 2003; Horz *et al.*, 2004). También se ha reportado la influencia del tipo de vegetación (Rich *et al.*, 2003) y las propiedades química y la estructura del suelo (Girvan *et al.*, 2002).

La nitrificación es un proceso natural que produce acidez (Pineda, 2004), ocurre rápidamente en las condiciones de un suelo Ferralítico Rojo, cualquiera que sea la fuente de N empleada, caracterizada por un rápido aumento del ión nitrato a partir de los 15 días de la aplicación o incorporación (Martín, 2002).

La nitrificación es importante por varias razones, entre las que podemos citar: el nitrato es inmediatamente disponible para uso de las plantas y microorganismos del suelo y puede perderse por desnitrificación, proceso mediante el cual se reduce a formas gaseosas como el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) o  $\text{N}_2$  que se pierden a la atmósfera. Se estima que la proporción de  $\text{N}_2\text{O}$  emitida a la atmósfera de tierras

cultivadas, inducida directamente por el uso de fertilizantes nitrogenado y el manejo del suelo, es de alrededor de 23% a nivel mundial según Snyder et al., 2007. Para el cultivo de la caña de azúcar la producción estimada de N<sub>2</sub>O se encuentra entre 1 a 20 % del N aplicado con los fertilizantes (Allen et al., 2008; Denmead et al., 2008; Wang et al., 2008).

Resulta interesante el uso de fertilizantes nitrogenados con inhibidores de la nitrificación, que limitan las bacterias nitrosomonas, en la oxidación del amonio a nitrito en el suelo, durante un cierto periodo de tiempo, de esta forma el amonio se mantiene durante más tiempo en el suelo. Así, el N se suministra de una forma gradual, sincronizando mejor a las necesidades del cultivo a lo largo de su periodo de desarrollo por lo que se reducen las pérdidas por nitratos y desnitrificación. Con esto, se pretende restringir los efectos que producen los fertilizantes convencionales, e incrementar la eficiencia de la fertilización nitrogenada y disminuir los efectos negativos en el medio ambiente (Serna et al., 1994).

#### **1.4.2 Inmovilización**

El nitrógeno también se transforma de forma inorgánica a orgánica. Este proceso se llama inmovilización y es el opuesto de la mineralización. La inmovilización se incrementa cuando se incorporan al suelo residuos de cultivos con contenido alto de carbono y bajo de N, es decir, alta relación C/N. Los microorganismos del suelo requieren el N para su síntesis proteica, lo común es que lo utilicen del suelo. Cuando el contenido en los residuos es bajo, los microorganismos utilizan el inorgánico del suelo para satisfacer sus necesidades. De esta forma, el N inorgánico del suelo es transformado a N orgánico, presente en las proteínas de los microorganismos del suelo. La mineralización y la inmovilización ocurren simultáneamente en el suelo, por lo que un concepto de mayor importancia agrícola sería el efecto neto que de ellas resulta, el cual lleva implícito magnitud y dirección (Arzola et al., 1998; Cabrera y Bouzo, 1999).

Cuando en un suelo la inmovilización excede la mineralización, prácticamente no existe el nutriente disponible para el cultivo, a no ser que se haya aplicado fertilizante nitrogenado en una banda cerca de las raíces. Esta fase se denomina período de depresión de nitrato y es una época crítica para los cultivos. El tiempo de duración de este período depende de tres factores: la relación C/N de los materiales en descomposición, la calidad de los residuos de cosecha que se han aplicado al suelo y las condiciones ambientales en el suelo (Arzola et al., 1998).

Thorburn et al. (2004), reportaron el potencial negativos a corto plazo del impacto de la descomposición de los restos de cosecha sobre

los rendimientos de la caña de azúcar, provocado por inmovilización de N, siguiendo luego por el incremento de la materia orgánica del suelo y la mineralización del N.

## **1.5 Balance del N en un agroecosistema cañero**

Las transformaciones del N en el suelo son procesos naturales que pueden afectarse significativamente por las actividades agrícolas e industriales. Estas normalmente conllevan a ganancias de N en el suelo por efecto de la fertilización y aplicación de desechos. El N adicionado al suelo y el ya presente se transforman de una forma a otra en dependencia de las condiciones medioambientales.

El conocimiento y la magnitud de los procesos o fenómenos que intervienen en el balance del N inorgánico en el suelo, están sujetos a procesos de transformación (ganancias) y transporte (pérdidas), entre los que se pueden citar: volatilización amoniacal, mineralización, adsorción de amonio por las partículas de arcilla, inmovilización biológica, extracción por la planta, desnitrificación, lixiviación de nitratos y amonio hacia estratos profundos del perfil del suelo, descarga de N a través del escurrimiento superficial y drenaje subterráneo (Estrada *et al.*, 2002).

### **1.5.1 Pérdidas de nitrógeno**

#### **1.5.1.1 Exportación del N por la cosecha**

La exportación es la pérdida de N causada por las partes del vegetal que se retiran del sistema, así, cuando se cosecha la caña de azúcar se trasladan los tallos hacia la industria, extrayendo cantidades importantes del mismo que tendrán que reingresar al campo cañero de alguna forma.

Los cultivos toman cantidades abundante de N del suelo, las cuales dependen del tipo de planta y cuantía de la cosecha. En el caso específico de la caña de azúcar, la mayor pérdida del N está dada por la exportación de tallos para el proceso industrial. Parte de los nutrientes que las plantas extraen del suelo, retornan al mismo con los restos vegetales que permanecen en el campo (hojas, restos de cosecha, raíces) (Arzola *et al.*, 1998; Cabrera y Bouzo, 1999; Arian *et al.*, 2000).

Rodríguez *et al.* (1981) reportaron valores medios de extracción de 1.49 kg N.t<sup>-1</sup> de tallos al estudiar diferentes variedades. Por su parte, Pérez (1982), reportó índice medio de extracción para la caña de azúcar de 1.18 kg N t<sup>-1</sup> de tallos, no obstante, el valor correspondiente a

la exportación sólo alcanzó 0.55 kg de N t<sup>-1</sup> de tallos.

Keating *et al.* (1997) en un estudio realizado en Australia obtuvieron índice de extracción de 1.4 kg N t<sup>-1</sup> de tallos para rendimiento agrícola de hasta 100 t caña ha<sup>-1</sup> y superior a éste rendimiento extracción de 1.0 kg N t<sup>-1</sup> de tallos.

### **1.5.1.2 Quema de la caña para la cosecha**

Por determinadas razones de seguridad o de manejo, en muchos países cañeros la quema de sus plantaciones antes y después de la cosecha es una práctica generalizada. Esto no sólo conduce a pérdidas considerables de nutrientes del sistema suelo-planta, pues el N contenido en las hojas secas y gran proporción de su contenido en los cogollos se pierde al destruirse la materia orgánica (León, 1997; Arzola *et al.*, 1998; Lozano *et al.*, 2001; Milanés *et al.*, 2001), sino que, además se produce un calentamiento elevado de las capas superficiales del suelo provocando su esterilización parcial, conjuntamente con la alteración en sus propiedades químicas, físicas y biológicas (Sandoval, 1997; Fernando *et al.*, 2001; Mazzarino, 2002).

### **1.5.1.3 Desnitrificación**

La desnitrificación agrupa una serie de procesos bióticos y abióticos, que reducen los nitratos, produciendo gases de N (NO, N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>) que pasan a la atmósfera. Las pérdidas del N del suelo muchas veces son considerables, tanto del N nativo como el aplicado con el fertilizante (Malavolta y Vitty, 1997; McCaty *et al.*, 1998).

El proceso es favorecido, fundamentalmente, por excesos de humedad y altas temperaturas, pero debe haber NO<sub>3</sub><sup>-</sup> disponible, junto con carbono como fuente de energía. Las pérdidas son de 5 a 10% bajo labranza convencional y pueden duplicarse en siembra directa (Quintero *et al.*, 2006).

Smirnov y Muravin, citados por León (1997) plantean que las pérdidas por reducción biológica de los nitratos podrían alcanzar valores de alrededor de 20% del N de los fertilizantes amoniacales y de 30 % del elemento en los fertilizantes nítricos, pudiendo incrementarse hasta

50 % en suelos inundados.

Macdonald et al. (2009) reportan pérdidas por desnitrificación de alrededor de 17 % del N aplicado, dependiendo esta cantidad de la fuente de N mineral y el contenido de humedad del suelo.

#### **1.5.1.4 Volatilización**

La volatilización de N desde el suelo implica el paso del  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NH}_3$  que a presión atmosférica es un gas. Las pérdidas por volatilización pueden ser particularmente importantes (10 a 40% de N) cuando el amoníaco libre está presente cerca de la superficie del suelo o cuando se aplican fertilizantes amoniacales en la superficie sin incorporar (Boul y Stokes, 1997).

Según Aloé y Toribio (2008) el proceso de volatilización es afectado, por factores climáticos, del suelo y de manejo de los fertilizantes. Los factores del suelo que favorecen la volatilización: altas temperaturas y pH ( $\geq 7$ ), baja humedad y presencia de carbonatos, mientras que se reducen las pérdidas de  $\text{NH}_3$ , en suelo con alta capacidad buffer y capacidad de intercambio catiónico. Dentro de los factores de manejo de fertilizantes que favorecen la volatilización del  $\text{NH}_3$  está la utilización de urea como fuente de nitrógeno o que contiene urea en su composición, las aplicaciones a voleo y las altas dosis de fertilizantes. También se conoce que las plantas liberan  $\text{NH}_3$  desde sus tejidos (Martín *et al.*, 1987; Benintende *et al.*, 2000).

Investigaciones llevadas a cabo en diferentes regiones del mundo indican que la magnitud de las pérdidas de amoníaco varía en función de las condiciones del suelo, el ambiente y el manejo. Se reportan condiciones en las que no se registran pérdidas y otras en las que se pierde entre 35 y 50 % del N aplicado, debido a la aplicación superficial de fertilizantes, los efectos del pH del suelo, al contenido de materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico. Una forma de reducir estas pérdidas es enterrando el fertilizante (Salgado *et al.*, 2001).

Al relacionar la textura del suelo con la volatilización, Ordóñez et al. (2005) reportan que suelos de textura arcillosa y franco arcillosa presentaron niveles más bajos de pérdida de  $\text{NH}_3$ , con valores entre 6.28 y 6.98 % en comparación con aquellos suelos de textura franco-arcillo-arenosa, donde se registraron pérdidas de  $\text{NH}_3$  entre 21.03 y 18.26 %.

Experiencias desarrolladas para cuantificar las pérdidas totales de N reportan que, entre 52 y 73 % de éstas, ocurren por la volatilización

del NH<sub>3</sub> en el cultivo del maíz, mientras que en el trigo fueron de 21 a 41% (Quintero *et al.*, 2006).

Infante (1988), en suelos dedicados al cultivo de la caña de azúcar en Venezuela reportó pérdidas anuales de 30.7 kg de N ha<sup>-1</sup>. Estas pérdidas ganan en importancia, fundamentalmente, por la aplicación de altas dosis de N con el uso del amoníaco anhidro, aunque también pueden ocurrir con la urea, el nitrato de amonio y el sulfato de amonio, ampliamente usados en Cuba (León, 1997; Arzola *et al.*, 1998 y Cabrera y Bouzo, 1999).

En Brasil, Casta *et al.* (2003) reportaron pérdidas de N como NH<sub>3</sub> en valores que oscilaron entre 9-36 % variando en dependencia del portador aplicado, siendo mayores estas pérdidas cuando se utilizó la Urea simple o mezclado con sulfato de amonio en comparación con residuos líquido enriquecidos con N.

#### **1.5.1.5 Lavado**

Las pérdidas por lavado representan un problema ambiental que produce contaminación de las aguas subterráneas. Esto es más acentuado en suelos de buen drenaje o texturas gruesas, que en los suelos de textura fina con un drenaje moderado cuando se aplican altas dosis de N (Oliveira *et al.*, 2002). Según Quintero *et al.* (2006) pueden alcanzar hasta 20%.

Este fenómeno se produce fundamentalmente en forma del N-nítrico, pues el N-amoniaco es fijado a las arcillas del suelo, nitrificado rápidamente o absorbido por las raíces, pudiendo alcanzar las pérdidas entre 4 a 10 % del nitrógeno aplicado (Rivera y Treto, 1984; Arzola *et al.*, 1998; Cabrera y Bouzo, 1999; Benintende *et al.*, 2000).

Los resultados de estudios en el tema son un tanto controversiales, pues en unos casos se reportan valores de consideración y en otros no, dados por la dependencia de numerosos factores edafoclimáticos. Las pérdidas son mayores en suelos arenosos que en los arcillosos; en suelos descubiertos que los que están cubiertos por vegetación, y cuando se aplica portadores nítricos supera a los amoniacoales, así como, cuando las dosis de fertilizantes nitrogenados son elevadas (Shishov *et al.*, 1973; León, 1997; Benintende *et al.*, 2000).

Estudios desarrollados en la Región Pampeana en los cultivos de trigo indican que las pérdidas por lixiviación son muy bajas, con valores

de 1-3 % del nitrógeno aplicado por fertilización (Álvarez *et al.*, 2004; Álvarez, 2006).

Los resultados de ensayos realizados en Europa con ENTEC Solub 21 (inhibidor de la nitrificación) en fertirriego, comparado con Sulfato de Amonio, han logrado demostrar que disminuye la lixiviación, aumentando la concentración de nitratos en profundidades donde la planta puede aprovecharlo, aumentando así significativamente los rendimientos y disminuyendo el contenido de nitratos en los tejidos comercializados (Lezana y Carrasco, 2002).

#### **1.5.1.6 Erosión**

Numerosos reportes coinciden en que la MOS es la principal reserva del N en cualquier agroecosistema, la que está, en mayor proporción, en la capa arable, por tanto la pérdida del horizonte superficial conlleva al detrimento de éste componente en el suelo. La magnitud de esta pérdida es también variable y difícil de cuantificar, ya que puede ser de decenas o hasta de cientos de kg de N.ha<sup>-1</sup>, lo que depende del contenido del N que tenga el suelo y del volumen de suelo removido, aspecto que está sometido a los atributos de la lluvia y el viento, además de la topografía, la presencia o no de cobertura vegetal y al tipo de textura. También el hombre, mediante prácticas agrícolas inadecuadas puede contribuir a la erosión del suelo, lo que lamentablemente, es frecuente (Arzola *et al.*, 1998; Cabrera y Bouzo, 1999; Farshad y Zinck, 2001; Becker *et al.*, 2002; Michelena, 2002).

### **1.5.2 Ganancias de nitrógeno**

#### **1.5.2.1 Fijación de N**

Contrariamente a las salidas del N que tienen lugar en el agroecosistema cañero, existen plantaciones que no muestran efectos beneficiosos ante sus aplicaciones. Referencias de diferentes regiones donde esta planta ha crecido en monocultivo por 50, 100 o más años, sin recibir aplicaciones de N e independientemente del aporte que puede realizar la MOS, la fijación biológica de nitrógeno (FBN) en su forma gaseosa (N<sub>2</sub>) ha sido una importante fuente de N para la caña de azúcar (Arzola *et al.*, 1998; Baldini *et al.*, 1998; Cabrera y Bouzo, 1999).

Urquiaga *et al.* (2001) reportan que determinados microorganismos, tanto de vida libre como asociativos o simbióticos, están aptos para fijar N<sub>2</sub> inaccesible a la caña de azúcar. Cian *et al.* (2000) y Muñoz y Caballero-Mellado (2005) reportan a los géneros *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Acetobacter* y *Beijerinckia* como los más comunes.

En diversos trabajos desarrollados se ha demostrado que la FBN se lleva a cabo en gramíneas y particularmente en caña de azúcar, donde se ha observado que algunas variedades obtienen hasta 70 % de N mediante este mecanismo (Muñoz y Caballero-Mellado, 2005). En Cuba, Pérez *et al.* (2001) evaluaron el efecto del *Azospirillum* spp., en el rendimiento de la caña de azúcar, obteniendo incrementos en más de 60 t caña ha<sup>-1</sup>, concluyendo que este bioproducto en mayor o menor medida, contribuyen a mejorar la calidad y productividad del cultivo, llegando a sustituir la aplicación de 50 % del fertilizante mineral.

### **1.5.2.2 Aportes de nitrógeno por las lluvias**

Las lluvias son la fuente principal de agua en la superficie de la tierra y la base para el suministro del agua a sistemas agrícolas.

Numerosos autores en Cuba (León, 1997; Arzola *et al.*, 1998; Cabrera y Bouzo, 1999; Rodríguez y Osorio, 2001) coinciden en que los compuestos nitrogenados que se volatilizan del suelo, como el amoníaco y los óxidos del N, así como los que se forman por acción fotoquímica, por las descargas eléctricas, y por la combustión de diversos carburantes, pueden ser lavados o removidos de la atmósfera por las lluvias y transferidos al suelo. La magnitud de este aporte depende de la frecuencia de las lluvias, de la concentración del N en la atmósfera y otros factores como: cercanía a centros industriales, tipo de vegetación, posición geográfica y estación del año.

Infante (1988) encontró un ingreso de N por las lluvias de 26.3 kg N ha<sup>-1</sup> formado en 99.8 % por amonio. Además de comprobar que basta poca lluvia para remover los nutrientes presentes en la atmósfera, mientras que la lluvia subsiguiente tiene un efecto diluyente en la concentración de los iones presentes en el agua colectada.

### **1.6 Eficiencia del uso de los fertilizantes nitrogenados**

Los índices agronómicos de eficiencia del uso de N, y de otros nutrientes aplicados son ampliamente usados en investigación de la eficiencia de estos y son independientes en escala. Estos índices se usan principalmente con la intención de enfatizar la respuesta del cultivo a los fertilizantes y pocas veces se usan en sistemas donde la principal fuente de N son materiales orgánicos o la FBN (Mosier *et al.*, 2004).



Los índices agronómicos de eficiencia del uso de N según Dobermann (2007), son: Eficiencia Aparente de Recuperación (ER) = kg de incremento en absorción del nutriente entre kg de nutriente aplicado; Eficiencia Agronómica (EA) = kg de incremento en rendimiento entre kg de nutriente aplicado. Factor Parcial de Productividad (FPP) = kg de rendimiento entre kg de nutriente aplicado, Eficiencia Fisiológica (EF) = kg de incremento en rendimiento entre kg de nutriente absorbido, Eficiencia Interna de Utilización (FI) = kg de rendimiento entre kg de nutriente absorbido.

Las plantas pueden aprovechar de 33 a 80 % del N aplicado con los fertilizantes durante su ciclo de crecimiento, lo que depende del tipo de cultivo, manejo agrotécnico y la dosis aplicada, entre otros factores (Adetunji, 1994; Errebhi et al., 1998; Cassman et al., 2002) y puede llegar a 90 % en cultivos bajo riego (Balasubramanian *et al.*, 2004; Dobermann y Cassman, 2004; Krupnik *et al.*, 2004; Fixen *et al.*, 2005). Estudios realizados en diversos países usando técnicas isotópicas con N15 indican que la eficiencia de utilización del fertilizante nitrogenado por el cultivo de caña de azúcar varía entre 12 y 40 %, en dependencia de las condiciones climáticas y edáficas (Rivera y Treto, 1989; Chapman, 1994; Weier *et al.*, 1996; Trivelin *et al.*, 1996, 2002a; Salgado *et al.*, 2001). Las principales causas de esta baja eficiencia son: a) inmovilización microbiana del N en el suelo (Ng Kee Kwong *et al.*, 1986; Courtaillac *et al.*, 1998; Basanta et al., 2003); b) pérdidas del elemento por lixiviación, desnitrificación y volatilización (Rivera et al., 1991; Frency *et al.*, 1992; Chapman, 1994; Weier et al., 1996; Luc y Heffer, 2007); c) pérdidas gaseosas del follaje de las plantas (Ng Kee Kwong y Deville, 1994; Trivelin *et al.*, 2002b).

La recuperación del nitrógeno aplicado bajo caña de azúcar en América Latina se encuentra alrededor del 50%, lo que implica que el balance del N sea negativo en muchos países (Hartemink, 2008). En México, se reporta una eficiencia de uso de los fertilizantes de aproximadamente 50 % para el N (García, 1984), mientras que Hernández et al. (1999), en parcela del Campus Veracruz obtuvo que la caña de azúcar absorbió 57 % del N aplicado y 43 % pudo haber sido aprovechado por microorganismos del suelo, desnitrificado, volatilizado o lixiviado hacia el manto freático.

En Mauricio, la recuperación del N aplicado con el fertilizante fue de 20 – 40 % (Ng Kee Kwong and Deville, 1994), en Australia 20-40 % argumentando que el restante 60-80 % es inmovilizado por la MOS o se pierde por cualquiera otra causa (Weier, 1994 y Vallis *et al.*, 1996), en la India 16-45% (Singh *et al.*, 2007) y en Argentina entre 20 y 50% del Nitrógeno aplicado es utilizado por la caña de azúcar (Romero et al., 2004).

En estudio desarrollado en Brasil, Castro *et al.* (2005) encontraron una eficiencia del uso del N de 21 % en la cepa de retoño utilizando Urea como portador.

Ando *et al.* (2000) al estudiar la eficiencia del fertilizante nitrogenado en caña de azúcar en Tailandia trabajando con N15 encontraron que la caña de azúcar absorbió de 41 a 45 % del fertilizante aplicado y se estimó que de 18 a 31 % del total de N en la planta fue derivado de los fertilizantes. Por su parte Meyer *et al.* (2007) en Sudáfrica reportan que más de 60 % del N aplicado con los fertilizantes puede perderse del sistema suelo-planta.

En Sudáfrica, los resultados de alrededor de 200 cosechas, reportados por Meyer y Wood (1994), han revelado que la respuesta al N y la eficiencia de su uso están influidos por factores, entre los que se encuentran, la naturaleza del suelo, precipitaciones, edad y tiempo de cosecha, variedad, método de aplicación y el portador aplicado. Los resultados obtenidos indican que la eficiencia del uso del N puede oscilar desde 0.8 hasta 2.0 kg de N t<sup>-1</sup> de tallos en suelos con potenciales de mineralización elevado y baja respuesta al fertilizante, llegando a la conclusión de que las recomendaciones actuales de N deben realizarse, en las cepas de planta y retoño, teniendo en cuenta el tipo de suelo, región bioclimática y capacidad del suelo para ceder N.

En las “Bases para la fertilización de la caña de azúcar en Cuba” (INICA, 1993), se plantea que una producción alta y estable en los retoños, demanda, por lo general, de una relación entre el N aplicado y la caña producida de 1.0 a 1.5 kg t<sup>-1</sup> de tallos (Berstch, 2003; Cuellar *et al.*, 2003), recomendando este último como criterio regulador de la dosis en relación con el rendimiento esperado, aunque, en condiciones locales este índice puede bajar a valores entre 1.1 – 1.2 kg de N t<sup>-1</sup> de tallos.

## **1.7 Factores relacionados con la fertilización nitrogenada en caña de azúcar**

### **1.7.1 Relación nitrógeno-variedad**

Tomando en consideración las diferencias morfológicas y fisiológicas que muestran las variedades de caña de azúcar, se puede inferir su influencia en la capacidad para asimilar los nutrientes. Así, se tiene, por ejemplo, diferencias en la actividad fotosintética, en el desarrollo del sistema radical, en la absorción de nutrientes (León, 1997; Arzola *et al.*, 1998; Cabrera y Bouzo, 1999).

En Sur África, Durandt, citado por Meyer y Word (1994) encontró diferencias en la eficiencia del uso del N al estudiar variedades de caña

de azúcar. En Australia, Robinson *et al.* (2009) reportaron diferencia en la eficiencia del uso N entre variedades evaluadas atribuido a las diferencias de la morfología y distribución del sistema radical. Pero predominan los reportes donde no se observa interacción N-variedad, debido a que otros factores dominan la respuesta impidiendo totalmente su manifestación (Chapman y Hayson, 1991 y Sulroca, 1995). En Cuba, las recomendaciones de fertilizantes realizadas hasta el presente no han tenido en cuenta las exigencias de las variedades, ni su capacidad para responder a las aplicaciones altas o bajas de este elemento, ya que no hay suficiente soporte teórico basado en resultados experimentales que permita tomar decisiones en este sentido (Del Toro *et al.*, 1985; León, 1997; Arzola *et al.*, 1998; Cabrera y Bouzo, 1999).

### **1.7.2 Influencia de la cepa**

Casi la totalidad de las investigaciones realizadas sobre este aspecto en los diferentes países cañeros (Fogliata, 1970) en Argentina; Mercado y Milanés (2007), Escarola *et al.* (2007) y Fernández y Milanés (2007) en México; Fasihi (1971) en Pakistán; Wood (1968) en Sudáfrica y corroborado en Cuba por Cuellar *et al.* (2002); Rodríguez (2002) y Zuaznabar (2009) ha confirmado que los retoños necesitan mayor cantidad de N que la caña planta.

Arzola *et al.* (1998), reportaron que la caña plantada en primavera y cosechada, independientemente de la edad, no requiere de la aplicación del N para producir buenos rendimientos bajo las condiciones de Cuba. Sin embargo, en otras épocas de plantación se han encontrado respuestas ocasionales a dosis relativamente bajas de 40 a 75 kg del N.ha<sup>-1</sup>.

En las cepas de caña planta, son frecuentes los reportes en cuanto a la poca efectividad del N, pero en lugares donde la fertilización de esta cepa es tradicional, las dosis suelen variar entre 40 y 90 kg del N.ha<sup>-1</sup>, exceptuando a Egipto, Taiwan y Uganda, donde se han empleado dosis más de 120, 200 y 450 kg del N.ha<sup>-1</sup> respectivamente (Cabrera y Bouzo, 1999).

En las condiciones de Cuba, se ha demostrado que las cepas de planta (primaveras del año, primaveras quedadas y frío), muestran una reducida necesidad de N, por lo general no requieren de la aplicación de N para producir más tallos que las parcelas fertilizadas y, aunque en las plantaciones de frío se han encontrado respuestas esporádicas a dosis bajas, en la actualidad no se recomienda N en las mismas, debido a la baja frecuencia de respuesta económicamente justificable, excepto en suelos con hidromorfía o compactación manifiesta y de textura arenosa (Villegas y Chang, 1996; Cuellar *et al.*, 2002).

Borden citado por Del Toro *et al.* (1985) demostraron que las cepas de planta necesitan menos de 0.90 kg de N.t -1 de caña para lograr rendimientos óptimos, mientras que, los retoños requerían aproximadamente 1,13 kg del N.t -1 de tallos cosechados. El hecho de que los retoños necesiten más N que las cañas plantas, está dado fundamentalmente, por condiciones físicas del suelo en deterioro, a causa de una pobre aireación por la compactación, originada por el pase de equipos pesados, que reduce el espacio poroso, dificultando la extensión del sistema radical.

Numerosos estudios conducidos en Cuba muestran que la fertilización nitrogenada del primer retoño no produce efectos beneficiosos en los rendimientos, por lo que se puede prescindir de la misma, siendo ésta necesaria en los suelos Ferralitizados Cálcidos y Vertisuelos, no así en los suelos Pardos con carbonatos. La no aplicación de fertilizantes nitrogenados en las cepas de planta, y primer retoño, no ejerce influencia nociva en las cepas posteriores (INICA, 1993; Villegas y Chang, 1996; León, 1997; Cabrera y Bouzo, 1999). Resultados similares reportan los estudios realizados por Sánchez *et al* (2000) y Salgado *et al.* (2001) en áreas cañeras de Tabasco, México.

Las aplicaciones de N de la segunda soca en adelante, ejercen un marcado efecto en la durabilidad de la cepa, evitando su deterioro, lo que permite aumentar el número de cortes. A partir de la segunda soca, se logra una respuesta estable a las aplicaciones de este elemento, obteniéndose incrementos agrícolas superiores a 25 % (Pérez, 1985).

En Cuba, a partir de la cepa de tercer retoño, en los suelos Ferralitizados Cálcidos, Iznaga (1986) encontró que disminuía la necesidad de fertilizante nitrogenado por la caña de azúcar hasta llegar a ser innecesaria en el quinto retoño, contrariamente a lo que ocurre en los demás tipos de suelos, argumentando que con los cortes sucesivos de las plantaciones, disminuyó la población, y aumentaron los espacios vacíos a causa de una mayor mortalidad de las cepas y unido al envejecimiento de la misma, incrementó el contenido de MOS en el centro del surco a causa de las raíces y tocones muertos durante el ciclo.

### **1.7.3 Portadores de nitrógeno**

Las dos principales fuentes comerciales de este nutriente son: nítrica y amoniacal (ureica), siendo esta última la más usada (Larraín, 2002).

Diferentes estudios desarrollados en Cuba han corroborado que la respuesta del cultivo a la fertilización nitrogenada, es independiente de la fuente de nutriente utilizada. En relación con el tema, León (1997) refirió en cuadro comparativo los 10 portadores del N más usados en

la agricultura cubana y extranjera, mostrando similar efectividad en la fertilización de la caña de azúcar, sin llegar a considerar este un elemento definitorio por los agrónomos a la hora de adquirir los portadores.

#### **1.7.4 Condiciones del suelo**

Uno de los aspectos que mayor incidencia negativa tienen en la producción de caña de azúcar son los factores edáficos limitativos (Roldós, 1986).

En suelos que presentan fuertes condiciones reductoras la tasa de mineralización del N orgánico es lenta, provocando menor disponibilidad del elemento asimilable para la planta, las pérdidas por desnitrificación son mayores, ya que al faltar el aire en el suelo, los microorganismos emplean el oxígeno de los nitratos para su respiración, quedando el N en forma gaseosa. El menor suministro de N por el suelo y las mayores pérdidas de este nutriente en forma gaseosa explican la respuesta al N aplicado de la caña de azúcar en cualquier tipo de cepa bajo estas condiciones (Angarica *et al.*, 1990; Vera, 2000).

En contraste, Hernández (1996) en estudio desarrollado en suelos arenosos, donde las pérdidas del N por el lavado de los nitratos son considerables, y unido a que, generalmente, presentan un bajo contenido de MOS, reportó, la necesidad de aplicar N desde caña planta y de fraccionar la dosis en cada cosecha.

Pineda *et al.* (2000) y Pineda (2001) reportó que para las condiciones de los suelos de Villa Clara, los factores profundidad efectiva, textura y drenaje influyen en la eficiencia de la fertilización nitrogenada y deben ser tomados en cuenta para el cálculo de recomendaciones de N.

#### **1.7.5 Influencia de la lluvia**

La cantidad y distribución de la lluvia y la forma en que el agua se retenga en el suelo, resulta muchas veces vital para la obtención de altos o al menos, rendimientos rentables, debido a que la mayoría de los campos la caña de azúcar crece sin la aplicación de riego (Ruiz *et al.*, 2001).

Desde el siglo pasado, varios investigadores han prestado atención a la influencia de la lluvia en la producción y su relación con la fertilización nitrogenada; Fogliata y Dip (1972) encontraron que el mayor volumen de agua trae aparejada una mayor producción; Reyes Cano (1962) reportó que una reducción de la lluvia desde 1383 mm hasta 977 mm produjo una disminución de 10 t caña ha<sup>-1</sup>; Samuels (1952) plantea que la respuesta en cosecha de secano a la fertilización siempre es a dosis mayores que en las de regadío.

Pérez (1985) ha corroborado que a bajas cantidades de lluvia correspondía mayor necesidad de N, hasta un límite. Cuando la lluvia excedió los 1000 mm se necesitó una dosis menor.

Wiedenfeld (2000) al estudiar el estrés hídrico de la caña de azúcar durante diferentes períodos de crecimiento, corroboró que a mayor humedad en el suelo, mejor será la utilización de N por la planta y se requerirá de menos fertilizante nitrogenado para producir una tonelada de caña. Por otra parte, afirmó que bajo condiciones adecuadas de humedad, las plantas producen más y su consumo de N aumenta, por lo que se requerirá de menos N para producir una tonelada de caña, pero probablemente de una dosis mayor por hectárea.

#### **1.7.6 Nivel de rendimiento**

Las variables morfológicas, tales como fitomasa, altura de la planta, área foliar, número de hojas, entre otras, han sido usadas para expresar la influencia de los nutrientes minerales en el patrón de rendimiento de las plantas (Malavolta y Vitty, 1997; Camacho *et al.*, 2001)

El factor rendimiento en la agricultura cañera resulta de importancia decisiva para decidir por los agrónomos las dosis de N a emplear, pues se considera que a mayor rendimiento, mayor extracción de N realizará el cultivo y con más rapidez también se agotarán las reservas del suelo (León, 1997; Arzola *et al.*, 1998). Por otra parte, la disminución de los rendimientos cañeros frecuentemente se asocia con la presencia de otros factores limitantes ajenos a la nutrición nitrogenada, lo que origina que la aplicación de elevadas dosis de dicho nutriente no necesariamente contrarreste la causa de los bajos rendimientos (Cabrera y Bouzo, 1999).

Lima *et al.* (1987) y Urquiaga *et al.* (1999) reportan que la caña de azúcar en Brasil recibe, en general, baja dosis anuales de N, en el rango 60 a 120 kg ha<sup>-1</sup>, con promedio de 50 kg ha<sup>-1</sup> (FAO, 2004).

Srivastava y Suárez (1992) citados por Muchovej y Newman (2004) destacan que las dosis de N empleadas en el cultivo de la caña de azúcar en el mundo varían en los diferentes países cañeros, encontrándose entre 45 y 300 kg de N ha<sup>-1</sup>, mientras que las dosis óptimas

se encuentran entre 100 y 200 kg de N ha<sup>-1</sup>.

En general, la cantidad de N acumulado por una cosecha se afecta por a) la cantidad de N suministrado por el suelo o adicionado como fertilizante; b) el potencial genético de la especie o cultivar de absorber N, que es influido por factores genéticos tales como tolerancia a estrés biótico o abiótico y la eficiencia fisiológica para tomar N; c) el crecimiento o rendimiento potencial bajo determinadas condiciones medioambientales y propiedades del suelo; y d) la habilidad de retener N en la zona de las raíces durante el período de extracción de N por la cosecha.

### **1.8 La materia orgánica y el N total**

Tanto la literatura nacional como foránea plantean que la MOS constituye la gran reserva de N del suelo, coincidiendo en que aproximadamente 5 % de la misma es N total, del que se mineraliza cada año entre 1 y 3 %, por lo que el conocimiento de esta variable constituye una medida de disponibilidad de N asimilable para la planta (Bautista et al., 1998; Bautista y Durán, 2001; Arzola y Alfonso, 2001; Pineda, 2001). Según Darwich (2003) una disminución del 1 % en el contenido de materia orgánica del horizonte superficial (0-20 cm), representa una pérdida de 1100 kg de N ha<sup>-1</sup>, además de los restantes nutrientes que contiene la misma.

En la actualidad, todavía no se ha encontrado un método que separe completamente la materia orgánica de la parte mineral del suelo, siendo necesario determinar la materia orgánica en forma indirecta (Hernández, 1996).

En general, los investigadores han coincidido en aceptar que el carbono orgánico constituye el 58 % de la materia orgánica (Orlov *et al.*, 1969), lo que está muy cercano a la realidad en la mayoría de los suelos, por lo que la estimación de esta última es posible a través de la determinación del carbono orgánico multiplicado por 1,724 (conocido por factor de Van Bemmén). La MOS no es de naturaleza uniforme y los diferentes métodos analíticos de los que hoy se dispone comprenden, en mayor o menor grado, las formas menos asequibles para las plantas (Körshens et al., 1998; Benintende *et al.*, 2000).

Los valores de materia orgánica en Cuba para la caña de azúcar inferiores a 2 % son considerados bajos, entre 2 y 4 % medios y por encima de 4 % altos (León, 2001). Arzola y Alfonso (2001) estudiaron en un suelo Sialitizado no Cálcico la influencia del laboreo del suelo, el cultivo de la caña de azúcar y la aplicación de abono orgánico en el contenido de materia orgánica y algunas propiedades asociadas con este importante componente del suelo, demostrando que el cultivo continuado de la caña de azúcar aumenta el contenido de carbono orgánico total, el de la fracción ligera y gruesa del suelo.

Muchos autores reconocen a la MOS como un factor importante a considerar en el manejo de la nutrición nitrogenada, llegando a fijar límites que varían entre 2 – 3 % por debajo de los cuales se incrementa la necesidad de aplicar fertilizantes nitrogenados (Hernández, 1996; Pérez, 1999; Strebin y Urrutia, 1999; Bautista y Durán 2000; Arzola y Alfonso, 2001; Bautista y Durán, 2001; Schroeder *et al.*, 2006.)

### **1.9 Consideraciones económicas en el manejo de los fertilizantes**

Los países productores de caña de azúcar, por lo general, son consumidores notables de fertilizantes minerales, Cuba en relación con otros países muestra elevadas tasas de utilización que se encuentran a la altura de los países desarrollados, teniendo en cuenta que dosis medias, superiores a 125 kg ha<sup>-1</sup> se consideran valores mundialmente altos.

Los análisis económicos precisos deben considerar todos los costos e ingresos asociados con la fertilización. Al calcular los costos debe tenerse en cuenta que hay insumos que se amortizan en un período mayor a un año, como es el caso de la toma de muestras de suelo que puede ser evaluada para un ciclo completo (Terry, 2002).

García (2000) al referirse al cálculo de los ingresos generados por la fertilización a partir del incremento en los rendimientos, demostró en experimentos de larga duración que el análisis de suelo es un indicador importante para determinar la probabilidad de respuesta a la fertilización.

Del mismo modo, Terry (2002) plantea que la reducción de los costos usando menos insumos, con la consecuente reducción en la producción, no permite obtener más ganancias, solamente rendimientos altos dan una mejor oportunidad de ser rentables, pues a partir de altos volúmenes de producción viabiliza, la distribución de los costos en un mayor número de unidades producidas, aun cuando los precios del producto sean bajos. Además de constituir un claro indicativo de utilizar prácticas de manejo que promuevan la sostenibilidad del sistema y sean amigables con el ambiente.

#### **Conclusiones Parciales.**

Con el análisis de la revisión bibliográfica, se logró contactar los conocimientos sobre el uso del nitrógeno en el cultivo de la caña de azúcar, el nivel de rendimiento, así como las consideraciones económicas en el manejo de los fertilizantes.



## CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Ubicación del experimento

La investigación se realizó en la Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (EPICA) Sancti Spíritus, en el periodo de abril de 2013 - marzo de 2014, sobre un suelo Fersialítico pardo rojizo (Hernández et al., 1999)

Variedad de caña de azúcar C120-78.

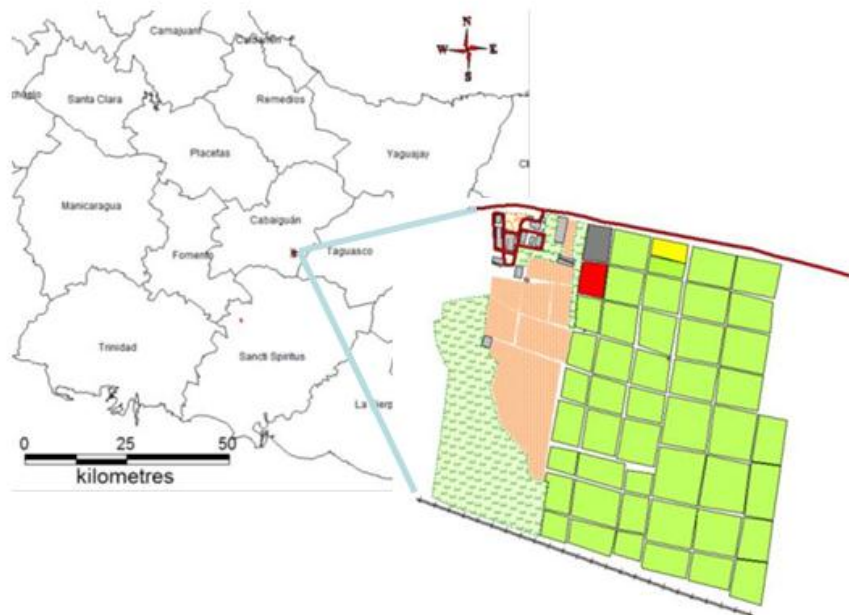
### Clave del experimento

#### SNn-1

Coordenadas (Centroide)

Latitud Norte: 22° 2' 54.9432''

Longitud Oeste: 79° 26' 47.065''

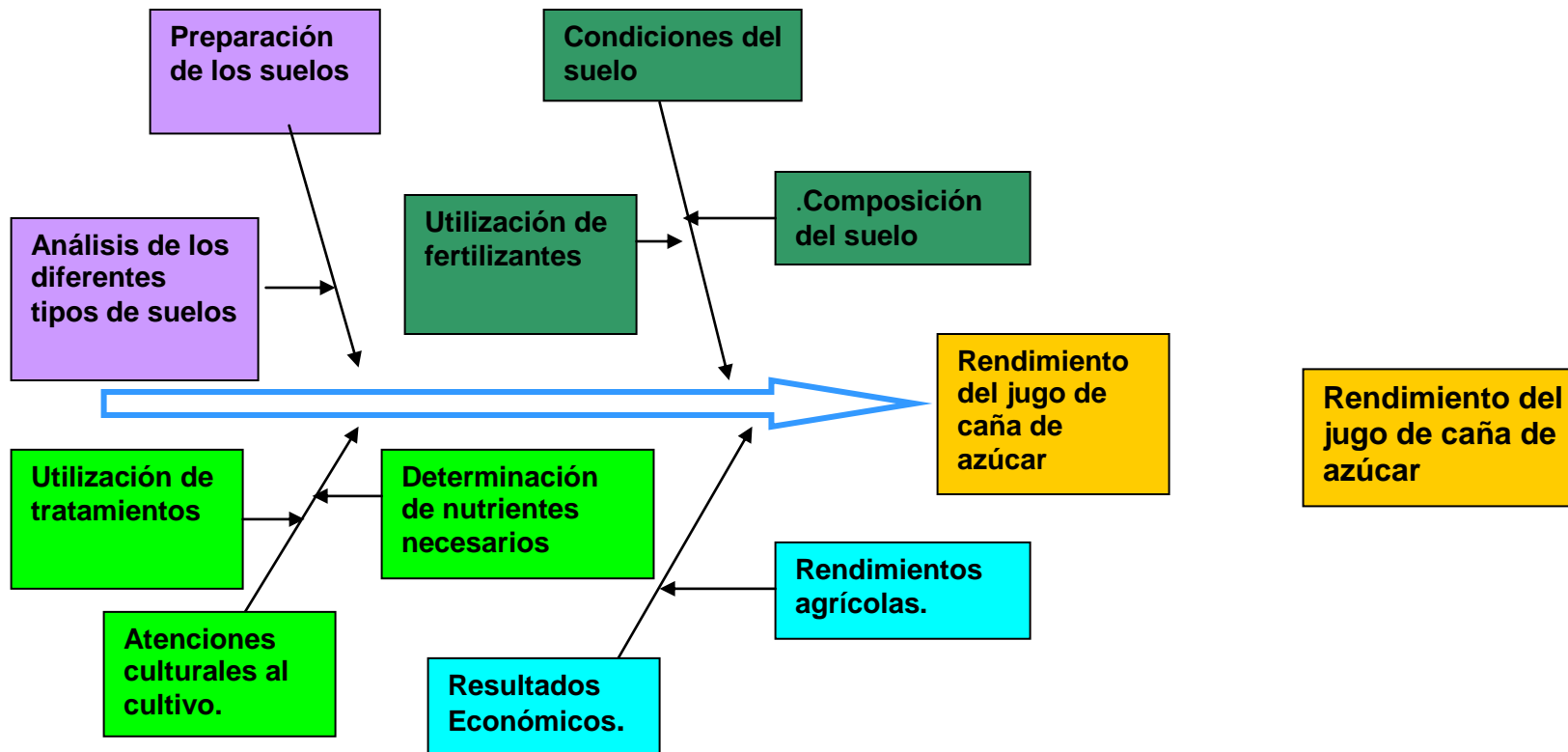


**Figura 1.** Distribución geoespacial de las áreas de la EPICA Sancti Spíritus donde se muestra en color amarillo el experimento con las diferentes dosis de nitrógeno analizadas.

Diagnóstico inicial:

En el Complejo Agroindustrial Melanio Hernández del Municipio Taguasco, provincia Sancti Spíritus, se presentan serios problemas con el rendimiento del jugo de la caña de azúcar, calidad, composición, etc. Por lo que se realizó un análisis del mismo el cual llevó a hacer la solicitud de investigación a la EPICA con el objetivo de producir la caña con mejor calidad y rendimiento.

Para llegar a esta decisión se realizó una tormenta de ideas que llevó a tomar decisiones con respecto al desarrollo de la investigación al realizar el diagrama Ishikawa o diagrama causa-efecto, el cual se muestra a continuación:



**Figura 2:** Diagrama Causa-Efecto. Espina de pescado, Fuente: Elaboración propia.

El rendimiento del jugo de la caña de azúcar está determinado por las condiciones del suelo, la preparación de los mismos, la atención a los cultivares y como consecuencia de esto, los resultados económicos.

Según el análisis del diagrama causa efecto, se pudo contactar la necesidad de hacer un experimento con la utilización de diferentes composiciones de Nitrógeno en el suelo conteniendo una dosis fija de Potasio y Fósforo, la cual llevaría a la determinación de la composición del abono nitrogenado que produce mayor rendimiento en la planta y por consiguiente una mejor calidad en el producto que se entrega a la industria.

### Diseño experimental

#### Experimento S<sub>N</sub>-3. Niveles de nitrógeno

Establecido el 11 de abril de 2013.

#### Tratamientos:

Tratamiento	Simbología	Concentración
I	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	Testigo absoluto
II	N <sub>0</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	Testigo para nitrógeno
III	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	25 kg de N ha <sup>-1</sup> .
IV	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	50 kg de N ha <sup>-1</sup> .
V	N <sub>3</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	75 kg de N ha <sup>-1</sup> .
VI	N <sub>4</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	100 kg de N ha <sup>-1</sup> .
VII	N <sub>5</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	125 kg de N ha <sup>-1</sup> .
VIII	N <sub>6</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	150 kg de N ha <sup>-1</sup> .
IX	N <sub>7</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	175 kg de N ha <sup>-1</sup> .
X	N <sub>8</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	200 kg de N ha <sup>-1</sup> .

#### Fondo fijo

P<sub>1</sub> = 50 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>.

K<sub>1</sub> = 120 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>.

#### Diseño experimental

Bloques al azar 10 x 5: 10 tratamientos y 5 réplicas.

## Condiciones experimentales

Los ensayos fueron conducidos según las Normas Metodológicas del Departamento de Suelos y Agroquímica (INICA, 1990) y se desarrollaron en condiciones de secano. Contaron con un testigo sin N con fondo fijo de P y K ( $N_0PK$ ) para garantizar que estos nutrientes no fueran limitativos. Algunos experimentos contaron con un tratamiento sin fertilizantes ( $N_0P_0K_0$ ). Los niveles estudiados de N variaron desde 0 hasta  $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Las aplicaciones de fertilizantes fueron anuales, en cepas de retoño dentro de los 20 días siguientes a la cosecha y enterrado a una profundidad de  $\approx 10 \text{ cm}$  a ambos lados del surco.

Tanto el nutriente en estudio como el fondo fijo se aplicaron indistintamente con los portadores siguientes:

Nutriente	Portador	Riqueza
Nitrógeno	Urea	46% de N

Las parcelas experimentales contaron con cuatro surcos de 7.5 m de largo, separados a 1.60 m, con un área total de  $48 \text{ m}^2$ . El número de réplicas varió entre cuatro y siete, separadas por pasillos de 4 m. Los diseños experimentales empleados fueron bloque al azar, cuadrado latino, rectángulo latino y parcelas partidas, según condiciones del terreno y objetivo del experimento.

La cosecha de cada parcela se realizó de forma manual, en las que su masa fue determinada de forma directa, con la utilización de un dinamómetro.

La conducción del experimento se realizó según metodología de Jorge y col. (2011) que incluyó, a los diez meses las mediciones fenológicas siguientes:

**Conteo de tallos por metro cuadrado ( $\text{m}^2$ ):** Se efectuó conteo de los tallos desarrollados en los 3 surcos centrales. (Anexo 2)

**Altura de los tallos:** Se utilizaron 40 tallos seleccionados al azar en los 3 surcos centrales y se efectuaron las mediciones con cinta métrica, desde el primer dewlap visible hasta el ras del suelo. (Anexo 1)

**Grosor de los tallos:** Se utilizaron 40 tallos seleccionados al azar en los 3 surcos centrales y se efectuaron las mediciones con pie de rey en el centro de los tallos. (Anexo 3)

**Peso de los tallos:** Se cosecharon los 3 surcos centrales de cada parcela para evitar el posible efecto de borde, efectuándose pesaje directo con dinamómetro. (Anexo 4)

La cosecha se efectuó el 26 de marzo de 2014.

Para el rendimiento agrícola se toma una muestra de diez tallos en los surcos centrales, se pesan y se calcula el promedio del peso de un tallo, el que se multiplica por el número de tallos de la parcela y obtiene el peso total de la parcela (en kg), para ello se multiplica por la constante 0.2083 (constante para convertir de kg a t ha<sup>-1</sup>).

Para definir el contenido azucarero, en el mes de la cosecha se le realiza un análisis de sus jugos, el cual consiste en tomar una muestra de 10 tallos por parcelas, a la que se le extrae el jugo en un molino. Al jugo extraído se le determina el brix con un refractómetro y se le mide la temperatura en el momento del análisis para corregir el valor obtenido.

A la muestra anterior se le añade acetato de plomo para que clarifique, se filtra con papel de filtro y se le añade tierra infusorio para que de una precipitación clara, la cual es leída en un polarímetro, a esta lectura se le nombra pol. Con los resultados del brix corregido y el pol se obtiene la pureza del jugo.

Los datos originales de las variables analizadas, estadísticamente fueron comprobados respecto a su normalidad y homogeneidad de varianza mediante la prueba de Chi cuadrado. Las medias se compararon por la prueba de rango múltiple de Tukey a través del programa automatizado SPSS 15.0 y en todos los casos la comparación entre las medias fue realizada mediante una prueba Tukey ( $p=0.05$ ).

### CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1.- Análisis de las incidencias de la producción de semilla en relación con la fertilización nitrogenada de la caña de azúcar

##### Tratamientos:

Tratamiento	Simbología	Concentración
I	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	Testigo absoluto
II	N <sub>0</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	Testigo para nitrógeno
III	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	25 kg de N ha <sup>-1</sup> .
IV	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	50 kg de N ha <sup>-1</sup> .
V	N <sub>3</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	75 kg de N ha <sup>-1</sup> .
VI	N <sub>4</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	100 kg de N ha <sup>-1</sup> .
VII	N <sub>5</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	125 kg de N ha <sup>-1</sup> .
VIII	N <sub>6</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	150 kg de N ha <sup>-1</sup> .
IX	N <sub>7</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	175 kg de N ha <sup>-1</sup> .
X	N <sub>8</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	200 kg de N ha <sup>-1</sup> .

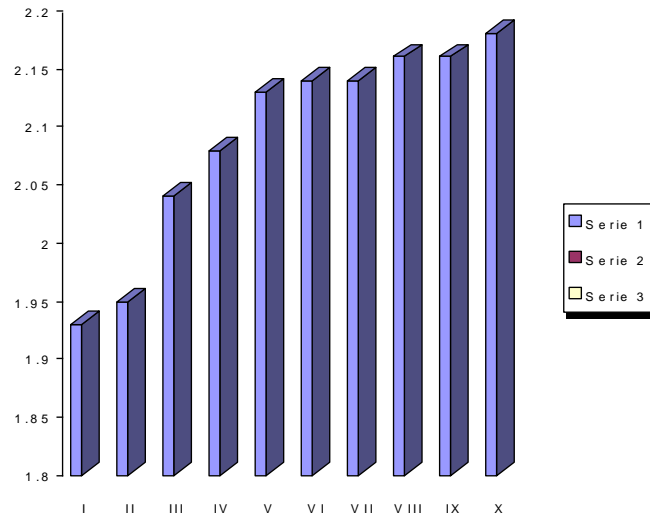
##### 3.1.1 Resultados del experimento analizando la altura del tallo al final de la cosecha.

Se realizaron diferentes tratamientos que fueron comparados con el testigo absoluto. Las composiciones de nitrógeno aplicadas aparecen tabuladas. Obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla No. 1

No. de Experimento	Altura promedio del tallo (m)
I	1.93
II	1.95
III	2.04
IV	2.08
V	2.13
VI	2.14
VII	2.14
VIII	2.16
30	

IX	2.16
X	2.18



**Figura 3.** Gráfico de interacción que muestra la altura de tallos por tipo de experimento.

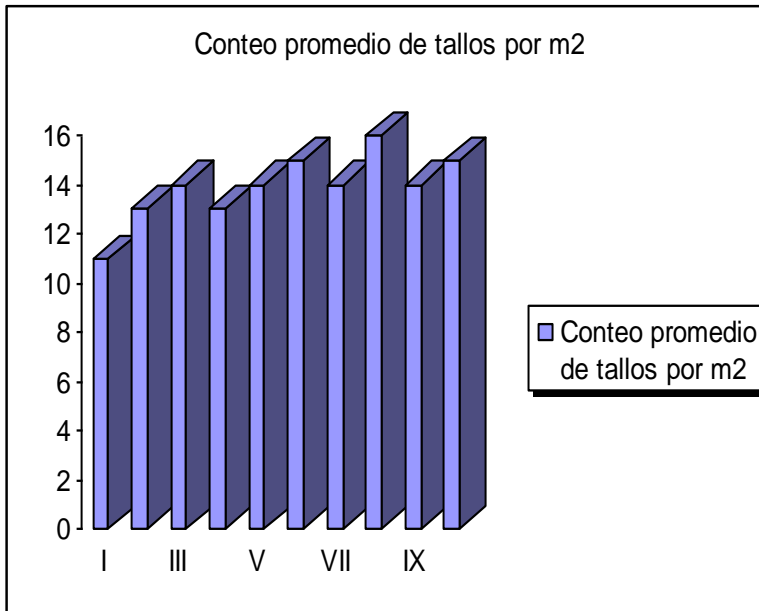
Los resultados obtenidos durante el experimento, manifiestan que el mejor resultado se obtuvo con el experimento X, donde se utilizaron 200 kg de N ha<sup>-1</sup>, además del fondo fijo, que era P<sub>1</sub> = 50 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. Y K<sub>1</sub> = 120 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>.

### 3.1.6 Resultados del experimento analizando el conteo de los tallos por m<sup>2</sup>

Tabla No. 2

No. de Experimento	Conteo promedio de tallos por m <sup>2</sup>
I	11
II	13
III	14
IV	13
V	14
VI	15
VII	14
VIII	16
IX	14
X	15





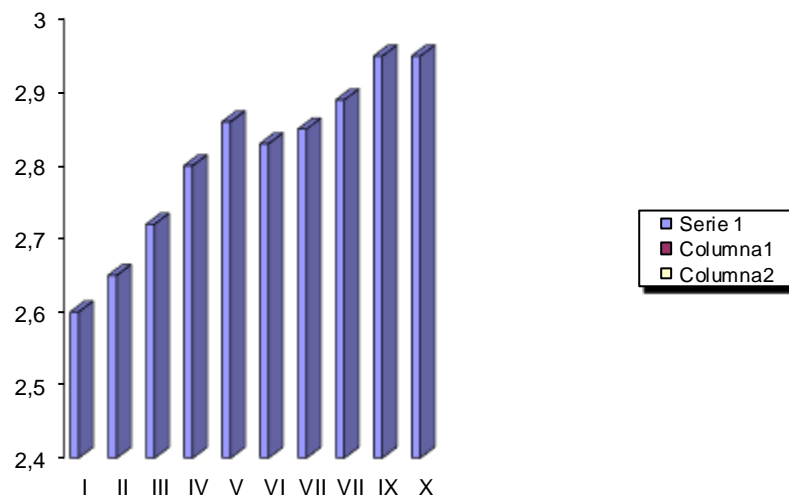
**Figura 4.** Gráfico del conteo promedio de tallos por m<sup>2</sup>

Los resultados obtenidos durante el experimento, manifiestan que el mejor resultado se obtuvo con el experimento VIII, donde se utilizaron 150 kg de N ha<sup>-1</sup>. además del fondo fijo, que era P<sub>1</sub> = 50 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. Y K<sub>1</sub> = 120 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>.

### 3.1.7 Resultados del experimento analizando el grosor de los tallos por m<sup>2</sup>

Tabla No. 3

No. de Experimento	Promedio de grosor (cm) de tallos por m <sup>2</sup>
I	2.60
II	2.65
III	2.72
IV	2.80
V	2.86
VI	2.83
VII	2.85
VIII	2.89
IX	2.95
X	2.95



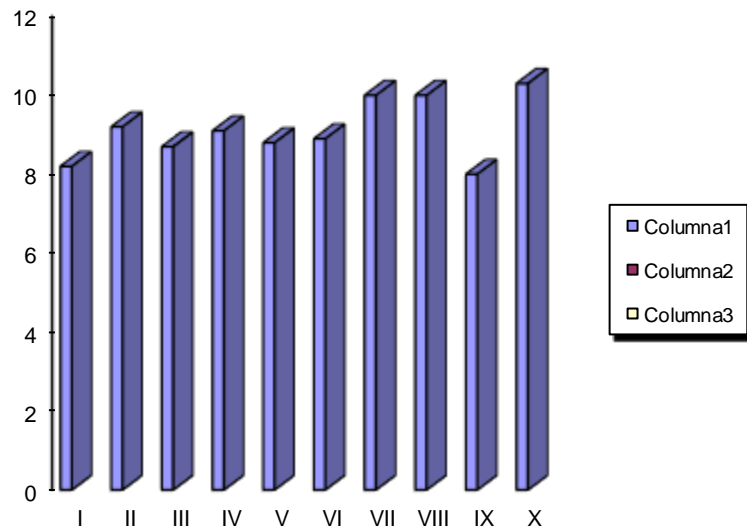
**Figura 5.** Gráfico del grosor de los tallos por m<sup>2</sup>

Los datos obtenidos durante el experimento, manifiestan que los mejores resultados se obtuvieron en los experimentos IX y X, donde se utilizaron 175 y 200 kg de N ha<sup>-1</sup> respectivamente, además del fondo fijo, que era P<sub>1</sub> = 50 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. Y K<sub>1</sub> = 120 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>.

**3.1.8 Peso de la muestra de los tallos de cada experimento**

Tabla No. 4

No. de Experimento	Promedio de peso de la muestra de tallos.
I	8.2
II	9.2
III	8.7
IV	9.1
V	8.8
VI	8.9
VII	10.0
VIII	10.0
IX	8.0
X	10.3



**Figura 6.** Peso de la muestra de los tallos de cada experimento

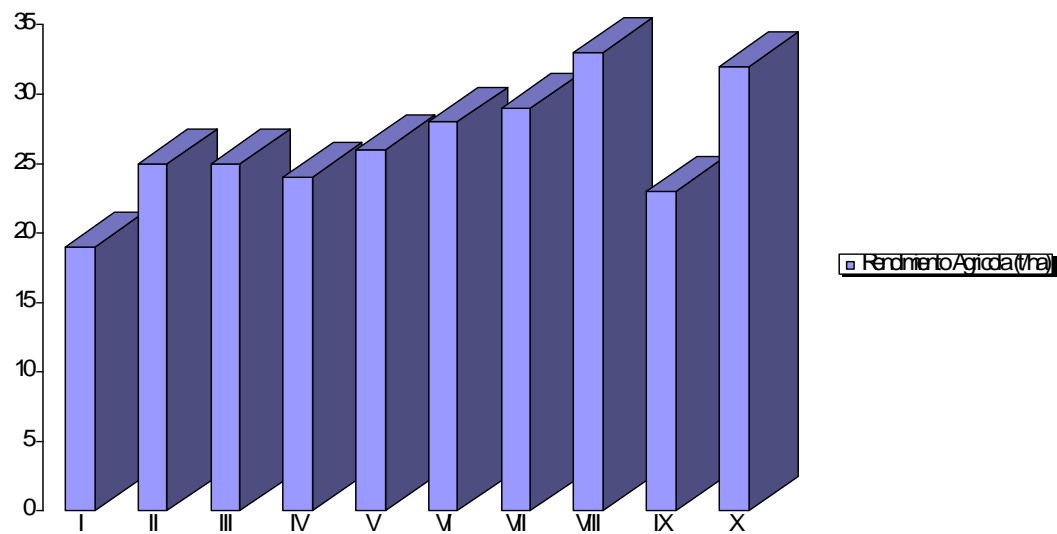
Los datos obtenidos durante el experimento, manifiestan que el mejor resultado se obtuvo en el experimento X, donde se utilizaron 200 kg de N ha<sup>-1</sup>, además del fondo fijo, que era P<sub>1</sub> = 50 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. Y K<sub>1</sub> = 120 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>.

### 3.1.9 Comportamiento del Rendimiento Agrícola mostrado por la variedad para cada uno de los experimentos realizados

Tabla No. 5

No. de Experimento	Rendimiento Agrícola (t/ha)
I	19
II	25
III	25
IV	24
V	26
VI	28
VII	29
VIII	33
IX	23

Rendimiento Agrícola (t/ha)



### Figura 7. Comportamiento del Rendimiento Agrícola por experimentos

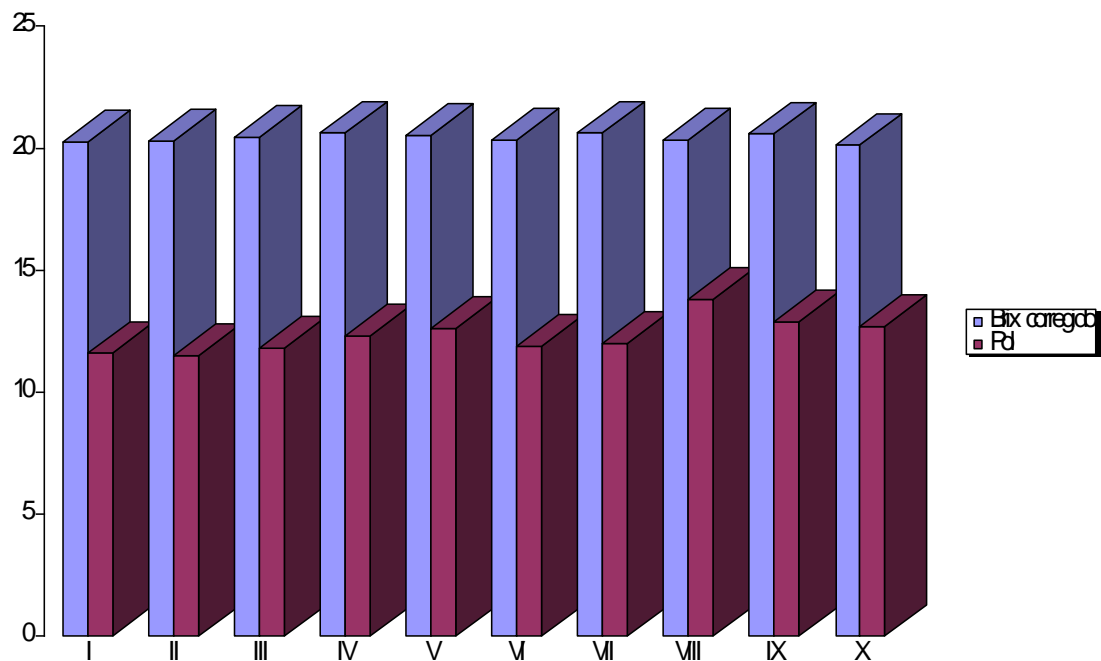
Entre los experimentos existen diferencias en cuanto al rendimiento agrícola de esta variedad expresado en t/ha, pues los valores varían desde 33.0 t/ha máximo y hasta 19.0 t/ha mínimo, donde los de mejores rendimiento fueron para los experimentos VIII (150 kg de N.ha<sup>-1</sup>) y el X (200 kg de N.ha<sup>-1</sup>) cuyos valores son catalogados de buenos para el segundo retoño, coincidiendo con lo planteado por Bernal et al (1997) y por Jorge et al (2004), quienes la refieren como variedad de alto rendimiento agrícola.

#### 3.1.6 Análisis del comportamiento de los resultados del jugo de la caña de azúcar.

Según la tabla de muestra de las características del jugo de la caña, luego de realizado el experimento, donde se analizaron el Brix y el Pol, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla No. 6

No experimento	Brix corregido	Pol (%)
I	20.24	11.6
II	20.28	11.5
III	20.46	11.8
IV	20.62	12.3
V	20.54	12.6
VI	20.34	11.9
VII	20.62	12.0
VIII	20.32	13.8
IX	20.58	12.9
X	20.12	12.7



**Figura 8.** Comportamiento del Brix y Pol del jugo de las muestras

Según los resultados de los análisis de los parámetros Brix y Pol, se pudo comprobar que los experimentos VIII y IX son los de mejor comportamiento en cuanto al contenido de sacarosa en el jugo expresado por el % de Pol, mientras que el Brix del jugo tuvo poca variabilidad en las muestras analizadas.

## **Conclusiones parciales**

En los experimentos desarrollados se pudo demostrar lo siguiente:

- 1- En el experimento de altura de tallos, la mayor altura analizada en el mismo, se pudo apreciar que fue la del experimento X.
- 2- En el experimento del conteo de tallos se pudo constatar que el número mayor de tallos se corresponde con el experimento VIII.
- 3- Para el grosor de tallos se pudo comprobar que los experimentos IX y X se comportaron de forma similar, con resultados superiores al resto de los experimentos.
- 4- En el análisis del peso de la caña, se pudo comprobar que el mejor resultado se obtuvo con el experimento X.
- 5- Con respecto a los resultados obtenidos para la Industria, en cuanto al Brix y Pol del jugo de la caña de azúcar, se recomienda la utilización de la fertilización nitrogenada correspondiente a los experimentos VIII y IX, relacionados con los de mayor % de Pol obtenido, atendiendo a que los valores del Brix corregido se mantienen con valores semejantes en cada uno de ellos.



## CONCLUSIONES:

1. Se logró realizar la revisión bibliográfica para obtener la base teórica de la investigación, logrando sustentar en una teoría el problema objeto de estudio.
2. Se realizó un análisis de las características fenológicas del cultivo de la caña de azúcar para la variedad C120-78, (número de tallos, altura del tallo, grosor del tallo y peso del tallo), y se determinó el rendimiento agrícola para diferentes dosis de nitrógeno, recomendándose su aplicación en concentraciones que pueden oscilar entre los 150 -200 Kg de N.ha<sup>-1</sup> que responden a la utilizada en los experimentos del VIII al X.
3. Se logró determinar que la influencia de la fertilización mineral nitrogenada para las características industriales de la caña de azúcar expresadas como brix y pol, demostraron que el nitrógeno como fertilizante influyó notablemente cuando se utilizó la dosis del experimento No. VIII (150 Kg de N.ha<sup>-1</sup>) obteniéndose con ello, un buen rendimiento tanto agrícola como industrial.

## RECOMENDACIONES

1. Continuar los estudios en experimentos de larga duración con N donde se pueda evaluar el efecto a largo plazo de la fertilización nitrogenada sobre el suelo y el cultivo.
2. Valerse de las dosis óptimas económicas de N, para tomar decisiones en la adquisición de los portadores nitrogenados en el mercado y su posterior distribución en las áreas de producción, así como validar su uso para otras variedades de alto potencial agrícola.
3. Analizar el comportamiento industrial de los jugos obtenidos de la variedad estudiada, para la toma de decisiones en cuanto al tratamiento agrícola a utilizar.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adetunji, M.T. 1994. Nitrogen application and underground water contamination in some agricultural soils of South Western Nigeria. *Fertil. Res.* 37: 159-163.
- Agafonov, O., R. M. Delgado, L. Rivero y G. Tatevosian. 1978. Propiedades físicas de los Vertisuelos de Cuba, relacionado con las particularidades de su génesis. *Ciencias Agrícolas.* No 3. ACC. 47-76 pp.
- Allen, D.; G., Kingston; H. Rennenberg; R. Dalal; S. Schmidt. 2008. Nitrous oxide emission from sugarcane soils as influenced by waterlogging and split N fertiliser application. *Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists*, 30, 96-104.
- Aloé, J. y M.Toribio. 2008. Pérdidas por Volatilización del Amoníaco. [http://www. engormix. com/perdidas\\_volatilizacion\\_amoniacos\\_articulos\\_2056\\_AGR.htm](http://www.engormix.com/perdidas_volatilizacion_amoniacos_articulos_2056_AGR.htm)
- Álvarez, C.R., Álvarez, R., Sarquis, A. 2004. Destino del nitrógeno del fertilizante (15N) en cultivos de trigo bajo distintos sistemas de labranza. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, CD.Agronomía (UBA), 174 pp
- Álvarez, R. 2006. Balance de Nitrógeno en cultivos de Trigo. *Información Técnica de Trigo.* Publicación Miscelánea N° 105: 23-35.
- Anderson, R. L and L. A. Nelson. 1975. A family of model involving intersecting straight lines and concomitant experimental designs use in evaluation response to fertilizers nutrients. *Biometrics* 31: 303-318.
- Ando, S., S. Meunchang, S. Thippayarugs, P. Prasertsak, N. Matsumoto y T. Yoneyama. 2000. Evaluation of Sustainability of Sugarcane Production in Thailand based on Nitrogen Fixation, Efficiency of Nitrogen Fertilizer and Flow of Organic Matters. *Sugarcane Production in Thailand.* JIRCAS Working Report No.30
- Angarica, B. E. 1972. Efecto de diferentes portadores de N en la fertilización de la caña de azúcar. XL Conferencia ATAC, 7 pp.
- Angarica, E. 1985. Caracterización agroquímica y uso de los fertilizantes en la caña de azúcar en suelos Oscuros Plásticos Grises Amarillentos de las provincias de Holguín y Santiago de Cuba. Tesis en opción al grado científico de doctor en Ciencias Agrícolas. INICA. 119 pp.
- Angarica, E. M; E. Pérez; Beatriz Montero.1990. Requisitos de N, P y K para caña de azúcar bajo condiciones agroclimáticas de la provincia de Holguín. EPICA "Gerardo Pérez" Cristino Naranjo. INICA-MINAZ.

- Arian MA, Murabi KA, Khan MA. 2000. Some physico-chemical characteristics of soil in sugarcane cultivated areas of Nawabshah, Sindhu, Pakistan. *Pakistan J. of Botany* 32: 93-100.
- Arzola, N. y A. Alfonso. 2001. La materia orgánica en el suelo. Parte 1. Formas y transformaciones. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. *Boletín Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo*. No. 4 Nov. 01. ISSN 1609-1876. 140 pp.
- Arzola, N.; A. Menéndez,; M. León; E. García y A. Cabrera. 1998. Elementos básicos sobre suelos y uso de fertilizantes en el cultivo de la caña de azúcar. INICA-MINAZ. Curso 1 del SERFE. 60-72 pp.
- Arzola, N. 2006. Diagnóstico de la necesidad de fertilizantes nitrogenados en caña de azúcar. Parte 1. Enfoque tradicional. VI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe. ATALAC. Guayaquil. Ecuador. 12 al 15 Septiembre 2006. pp 229-234.
- Ascanio, O y F. Sulroca. 1986. Nuevo Agrupamiento agroproductivo de los suelos cañeros de Cuba. En archivo del Dpto. de Suelos y Agroquímica del INICA. 35 pp.
- Ascanio M. O. y A. Hernández. 2006. Suelos cañeros en Veracruz y Oaxaca, cambios globales y ambiente. 285 pp.
- Atkinson, A. C. 1985. *Plots: Transformation and Regression, and introduction of graphical methods of diagnostic regression analysis*. Claredon Press, Oxford.
- Azeredo, D. F., Bolsanello, J., Weber, M. and Vieira, J. R. 1986. Nitrogenio em cana-planta, doses e fracionamento. *STAB* 4(5): 26-32.
- Balañá, P. 2008. Alternativas para el aporte de N: La *Crotalaria juncea*, *Canavalia ensiformes* y *Mucura sp.* en semilleros comerciales de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). CENGICAÑA. Guatemala.
- Balasubramanian, V., B.Alves, M.Aulakh, M.Bekunda, Z.Cai, L.Drinkwater, D.Mugendi, C.Van Kessel, and O.Oenema. 2004. Crop, environmental, and management factors affecting nitrogen use efficiency. In *SCOPE 65: Agriculture and the Nitrogen Cycle: Assessing the Impacts of Fertilizers Use on Food Production and the Environment*, edited by A.R. Mosier, J.K. Syers, and J.R. Freney. Island Ress, Washington, DC, USA.

- Baldani, V. L. D., Baldani, J. I., Olivares, F. and Döbereiner, J.1992. Identification and ecology of *Herbaspirillum seropedicae* and the closely related *Pseudomonas rubrisubalbicans*. *Symbiosis* 13: 65-73.
- Baldini, J. I; F. L Olivares; A. S Hermerly; J. B. Jr. Rise; A. L. M Oliveira; V. L. D Baldini; S. R Gois; V. M Reis and J. Döbereiner.1998. Nitrogen fixing endophytes: recent advances in the association with graminaceous plants growth in the tropics. In. *Biological nitrogen fixation for the 21 st century*. Ed. Elmerich, C Kondorosi, A. B. Newton, W. E Klumeer Academic Publishers. 203 206 pp.
- BANDEC. 2008. Tasas de interes para actividades agrícolas. Banco de Créditos y Comercio. 4 p. (Monografía)
- Basanta, M.V, Dourado-Neto, D., Reichardt, K., Bacchi OOS, Oliveira JCM, Trivelin PCO, Timm, L.C., Tominaga TT, Correchel V, Cássaro FAM, Pires LF y de Macedo, J.R. 2003. Management effects on nitrogen recovery in a sugarcane crop grown in Brazil. *Geoderma* 116, 235-248.
- Bartholomew, W. V.1972. Soil nitrogen and supply process and crop requirement. Tech Bull. No. 6. ISFEI series, North Carolina State University, Raleigh, N.C.
- Bautista F. y C. Durán. 2000: Cambios químicos en el suelo por aplicación de materia orgánica disuelta tipo vinazas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 16(3):89-101.
- Bautista F. y C. Durán. 2001. La materia orgánica soluble tipo vinazas en el mejoramiento de Acrisoles y Fluvisoles. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. Boletín Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo. No. 4 Nov. 01. ISSN 1609-1876.
- Bautista F.; Rivas H.; Durán C.; Palacio G. 1998. Caracterización y clasificación de suelos con fines productivos en Córdoba, Veracruz, México. *Investigaciones Geográficas* 36, pp. 21-33.
- Becker, A. ; J. I. Ossana; M. P. Cantú; T. B. Musso. 2002. Erosión hídrica laminar en relación a la degradación de suelos en el suroeste de la provincia de Córdoba. XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Com. IV. 5 pp.
- Benintende, M; S. Benintende; M. Sterren. 2000. Efecto del manejo sobre la mineralización del N en distintos suelos. *Ciencia, Docencia y Tecnología* 20: 231-267 pp.

- Benítez, L. 1999. Manual de procedimientos para los laboratorios de física de suelos. Ministerio del Azúcar. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). 57 p. (Monografía)
- Bernal. N., F. Morales, G. Gálvez. e Ibis Jorge. 1997. Variedades de caña de azúcar, uso y manejo. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. 99 pp.
- Bertsch, F. 2003. Absorción de nutrientes por los cultivos. San José Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.
- Bertsch, F. 2005. Estudios de absorción de nutrientes como apoyo a las recomendaciones de fertilización. Informaciones Agronómicas. Instituto de la Potasa y el Fósforo, (57): 1-10.
- Boarretto, A; Muraoka, T; Trevelin, P. (2008). Uso eficiente del Nitrógeno de los fertilizantes convencionales. Revista Informaciones agronómicas. No. 68. International Plant Nutrition Institute (IPNI). Pág. 8-13.
- Bondietti, E.; Martin, J.P.; Haider, K. 1971. Influence of nitrogen source and clay on growth and phenolic polymer production by *Stachybotrys* sp, *Hendeersonula toruloidea* and *Aspergillus sydowi* -Soil Science Society American Proceeding. 35: 91 7-922.
- Bobbey R.M. 1995. Biological nitrogen fixation in sugar cane: a key to energetically viable biofuel production. Critical Reviews in Plants Sciences, Boca Raton, 14: 445-466
- Boddey, R. M., Urquiaga, S., Alves, B. J. R., and Reis, V. 2003. Endophytic nitrogen fixation in sugarcane: present knowledge and future applications. Plant Soil 252, 139–149.
- Boul, S. W y M. L Stokes. 1997. Soil profile alteration under long-term high-input agriculture. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin. 51: 97-110.
- Boyd, 1970. Some recent ideas on fertilizers response curves. Paper presents at the CARFIA. International Potash Institute, Berne, Swiss.
- Bouzo. Libia (2008). Estrategias Agroecológicas para el Manejo Sostenible de Suelos en la Empresa Azucarera 30 de Noviembre. Tesis presentada en opción al título académico de maestro en Agroecología y Agricultura Sostenible. 90 p.
- Bray, R.H. 1948. Requirements for successful soil tests. Soil Science (66):83-89

- Cabrera, A. y L. Bouzo. 1999. Fundamentos técnico-económicos para el uso de fertilizantes y enmiendas en caña de azúcar. Curso 1 del SERFE. INICA-MINAZ.151 pp.
- Cabrera, R. A. 1999. Capítulo I Generalidades sobre la Nutrición de la Caña de Azúcar. En: Servicio de Recomendaciones de Fertilizantes y Enmiendas. Fundamentos técnicos económicos para el uso de fertilizantes y enmiendas en caña de azúcar. La Habana. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de azúcar. Departamento de Suelos y Agroquímica. p. 3- 102.
- Camacho, R. E. Malavolta, J. Guerrero, T. Camacho. 2001. Crecimiento vegetativo del sorgo en respuesta a la nutrición fosfatada. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. Boletín Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo. No. 4 Nov. 01. ISSN 1609-1876.
- Campbell, C.A.; Biederbeck, V.O.; Hinman, V.C. 1975. Relationships between nitrate-in summer-fallowed surface soil and some environment variables. Canadian Journal Soil Science. 55:213-223.
- Cate R. B. Jr. 1971. Improving the interpretation of soil fertility correlation data a comparison of continuous models, using the variety of data sets. PhD Thesis. North Carolina State University, Raleigh, N. C.
- Cate, R. B y L. A. Nelson. 1971. A simple statistical procedure for partitioning soil test correlation data into tow classes. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 35 (4): 658-659 pp.
- Cate, R. B; Nelson, L. A. 1965. A rapid method for correlation of soil test analyses with plant response data. North Carolina State University, Raleigh. ISFEI series, N.C. Tech. Bull (1). 13 p.
- Casta, M.C.G.; G.C. Vitti; H. Cantarella. 2003. Volatilizacao de N-NH<sub>3</sub> de fontes nitrogenadas em cana de acucar colhida sem despalha a fogo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 27(4):631-637.
- Castro Gava, G.J., P.C. Ocheuze T., A. Cesar V. y M. Wagner de O. 2005. Urea and sugarcane straw nitrogen balance in a soil-sugarcane crop system. Pesq. agropec. bras., Brasília, 40 (7):689-695.
- Cassman, K.G., A. Dobermann y D.T. Waters. 2002. Agroecosystems, nitrogen use efficiency and nitrogen management. Ambio 31(2):132-140.
- Cavalcante, V.A. y Döbereiner, J. 1988. A new acid-tolerant nitrogen-fixing bacterium associated with sugarcane. Plant and Soil 108: 23-31

- CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar). 2009. Informe Anual 2007-2008. Guatemala. 108 p.
- CENICAÑA .2009. Sistema Experto de Fertilización: SEF, versión 2009. Servicio de análisis de suelo en el Laboratorio de Química del Cenicaña. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Carta Trimestral. CENICAÑA, 31(1 y 2) p.3-5.
- Chapman, L.S. y M.B.C. Hayson. 1991. Nitrogen fertilization for fields with sugar cane crop residues. Proceedings Austr. Soc.Sugar Cane Technologists 13: 53-58.
- Chapman, L.S. 1994. Fertiliser N management in Australia. Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists 16, 83-92.
- Chien, S.H.; M.M. Gearhart y D.J. Collamer. 2009. Acidez generada por los fertilizantes nitrogenados: Nueva evaluación de los requerimientos de cal. Informaciones agronomicas. 72:11-12.
- Cian, D; Sterren, M; Benintende, M; Benintende, S. 2000. Ajuste de la tasa de mineralización de las capas subsuperficiales por distribución de microorganismos en profundidad FERTIBIO 2000. 22 al 26 octubre. Santa María. Brasil (En: [www.ufsm.br/fertbio2000](http://www.ufsm.br/fertbio2000)).
- Colwell, J. D. 1988. Statistical procedures for developing general soil fertility models for variable regions. CSIRO. Divisional Report na 93. Australia.
- Colwell, J., D. 1994. Estimating Fertilizer Requirements, a quantitative approach. CSIRO division of Soils, Canberra Laboratories Acton, Australia. Chapter 5. 85 pp.
- Copeland, T., Koller, T., Murrin, J. 2000. Valuation, measuring and managing the value of companies. 3rded. McKinsey Company Inc. 494 p.
- Courtaillac, N.; Baran, R.; Oliver, R.; Casabianca, H.; Ganry, F. 1998. Efficiency of nitrogen fertilizer in sugarcane-vertical system in Guadeloupe according to growth and ratoon age of the cane. Nutrient Cycling in Agroecosystems, v.52: 9-17.
- Cuellar, I.; R. Villegas; M. de León e H. Pérez. 2002. Manual de fertilización de la caña de azúcar en Cuba. 127 p.
- Cuellar, I.; M. de León; A. Gómez; D. Piñón; R. Villegas e I. Santana. 2003. Caña de azúcar, Paradigma de sostenibilidad. La Habana. Editorial Publica: 87-94.



- Dalal, R.C.; W. Wang; G.P. Robertson; W.J. Parton; C.M. Myer; R.J. Raison. 2003. Emission sources of nitrous oxide from Australian agricultural and forest lands and mitigation options: National Carbon Accounting System Technical Report No.35. <http://www.greenhouse.gov.au/neas/reports/tr35final.htm/>
- Darwich, N. 2003. El balance de nutrientes de la agricultura. *Márgenes Agropecuarios* No 217:24-25.
- Del Toro, F.; A. Dávila; N. Alonso. 1985. El cultivo de la caña de azúcar. Universidad Central de la Villas. Fctad. Ciencias Agrícolas. Dpto. Producción Vegetal. 176 p.
- Denmead, O.; B. Macdonald; T. Naylor; W. Wang; B. Salter; I. White; S. Wilson; D. Griffith; P. Moody. 2008. Whole of season greenhouse gas emissions from Australian sugarcane soils. *Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists* , 30, 105-114.
- de Oliveira, A. L. M., Canuto, E. D., Urquiaga, S., Reis, V. M., and Baldani, J. I. 2006. Yield of micropropagated sugarcane varieties in different soil types following inoculation with diazotrophic bacteria. *Plant Soil* 284, 23–32.
- Dobermann, A. y K.G. Cassman. 2004. Environmental dimensions of fertilizers nitrogen: What can be done to increase nitrogen use efficiency and ensure global food security? In *SCOPE 65: Agriculture and the Nitrogen Cycle: Assessing the Impacts of Fertilizers Use on Food Production and the Environment*, edited by A.R. Mosier, J.K. Syers, and J.R. Freney. Island Press, Washington, DC, USA.
- Dobermann, A. 2007. Nutrient use efficiency-measurement and management Proc. of International Fertilizer Industry Association (IFA), Workshop on Fertilizer Best Management Practices, Brussels, Belgium. March 7-9.
- Dong, Z., Canny, M.J., McCully, M.E., Roboredo, M.R., Fernández-Cabadilla, C., Ortega, E. y Rodés, R. 1994. A nitrogen-fixing endophyte of sugarcane stems. A new role for the apoplast. *Plant Physiology*. 105: 1139-1147.
- Errebhi, M., C.J. Rosen, S.C. Gupta y D.E. Birong. 1998. Potato yield response and nitrate leaching as influenced by nitrogen management. *Agron. J.* 90: 10-15.
- Escarola, S; María C. Balance y N. Milanés. 2007. Fertilización nitrogenada de caña de azúcar en el ingenio San José de Abajo. Córdoba Veracruz.

- Espinosa, J., S. Belalcazar, A. Chacón, y D. Suárez. 1998. Fertilización del plátano en altas densidades. Memorias de la XIII Reunión de ACROBAT, Ecuador 98. Guayaquil-Ecuador.
- Estrada Botello, M.A, I. Nikolskii Gavrilov, F. Gavi Reyes, J.D. Etchevers Barra y O.L. Palacios Vélez: 2002. Balance de N inorgánico en una parcela con drenaje subterráneo en el trópico húmedo. TERRA Vol. 20 (2).
- Farshad, A and J.A. Zinck. 2001. Assessing agricultural sustainability using the six-pillar model: Iran as a case study. In: Gliessman, S. (Ed.), Agroecosystem sustainability: Developing practical strategies. CRC Press, Boca Raton, pp.137-151.
- Fasihi, S. D. 1971. Progress in Pakistan.Sugar. World Crops. 23 (2): 86-87.
- FAO. 2003. Fertilizer use by crop in Cuba. First version, Rome.
- FAO. 2004. Fertilizer use by Crop in Brazil. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO.2005.Fertilizer use by crop in South Africa. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Fernández, M. J. y N. Milanés. 2007. Respuesta de la caña de azúcar ciclo planta a la fertilización orgánico-mineral en el Ingenio Central Progreso .Revista Cuba & Caña, pp.45, INICA.
- Fernando, L.; N. Milanés y A. Castillo. 2001. Pérdidas de N total por la quema de la caña de azúcar en el ingenio San José de abajo S. A. de C. V. Córdoba, Veracruz, México. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencias del Suelo. Varadero, Cuba. 4 pp.
- Fitts, J. W. 1959. Research + extension = bigger farming profits. Plan Food Review, 5 (2): 10-12 pp
- Fixen, P.E., J. Jin, K.N. Tiwari, y M.D. Stauffer. 2005. Capitalizing on multi-element interactions through balanced nutrition... a pathway to improve nitrogen use efficiency in China, India, and North America. Science of China: 48(Supp.):780-790.
- Fixen, P.E. y F.O. García. 2007. Decisiones efectivas en manejo de nutrientes... más allá de la próxima cosecha. Informaciones agronómicas 64:5-11.
- Fogliata, F. A. 1970. Caña de azúcar. Experiencias de fertilización efectuadas en la República Argentina. I Parte. Indust. Azuc. 75 (913): 87-89.

- Fogliata, F. y R. Dip. 1972. Relación entre lluvias, producción de azúcar y fertilización nitrogenada. Revista Industrial Agrícola de Tucumán. Enero. 38-46: 25.
- Franzluebbbers A. J. 2002. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. Soil & Tillage Research. 66: 95-106.
- Frency, J.R., O.T. Denmead; A.W. Wood; P.G. Saffigna; L.S. Chapman y G.J. Ham. 1992. Factors controlling ammonia loss from trash covered sugar cane fields fertilized with urea. Fertilizer Res. 34: 341-349. ISSCT. Sao Pablo, Brasil. Agronomy 2: 1539-1547.
- Freney, J.R., Denmead, O.T., Saffigna, P.G., Wood, A.W., Chapman, L.S. y Hurney, A.P. 1991. Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol., 13: 38-43.
- Fundora O., N. Arzola y J. Machado. 1992. Agroquímica. Segunda reimpresión. Edit. Pueblo y Educ. 66-70 pp.
- García, E.A. 1984. Manual del campo cañero mexicano, Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar. México, DF.
- García, F. 2000. Rentabilidad de la fertilización algunos aspectos a considerar. Informaciones Agronómicas. No. 39, 1-6 pp.
- Gillis, M., Kersters, K., Hoste, B., Janssen, D., Kroppenstedt, R.M., Stephan, M. P., Teixeira, K. R. S., Döbereiner, J. and DeLey, J. 1989. *Acetobacter diazotrophicus* sp. nov., a nitrogen-fixing acetic acid bacterium associated with sugarcane. Int. J. Syst. Bacteriol. 39: 361-364.
- Girvan, M.S.; J. Bullimore; J.N. Pretty; A.M. Osborn; A.S. Ball. 2002. Soil type the primary determinant of the composition of the total and active bacterial communities in arable soil. Applied and Environment Microbiology 69, 1800-1809.
- González JL, G. A. Maddoni; M. R Napoli.1997. Modeling grain yield and grain yield response to nitrogen in spring wheat crops in the Argentinean Southern Pampa. Field Crop Research 51: 241-252.
- Havlin, J.L.; Beaton, D.J.; Tisdale, S.L.; Nelson, W.L. 1999. Soil Fertility and fertilizers. An introduction to nutrient management. Upper Saddle, Prentice Hall. 499 pp.
- Hernández, A., J. Pérez, O. Ascanio, F. Ortega, L. Avila, A. Cárdenas, A. Marrero, N. Companioni, R. Villegas, I. Cuellar, M. Castellanos, T. Tatevosian, L. Shishov, O. Agafonov y V. Shishova. 1975. II Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Rev. Agricultura, VIII (1), pp 47-69.

- Hernández; A., Pérez, J.M., Bosch, D., Rivero. L. 1999. Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. AGRINFOR, 64p.
- Hernández R. S., López V. M., Ortega L. A. 1999. Medición en campo y laboratorio de algunos componentes del balance hídrico y de nitrógeno en caña de azúcar (*Saccharum ssp*) en la zona centro de Veracruz”, Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico agropecuario No. 18. Veracruz, México. 89.
- Hernández, J. 1996. Evaluación manejo y corrección de la fertilidad y lo suelos Ferralíticos cuarcíticos dedicados al cultivo de la caña de azúcar. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Sancti Spíritus. INICA-MINAZ. 76 p.
- Hernández, J. y L.Herrera. 1993. Estrategias metodológicas utilizadas en el desarrollo de modelos para realizar recomendaciones de fertilizantes y su evaluación agro-económica. UCV. Facultad de Agronomía Maracay, Venezuela.
- Herrera, L. 1992. Desarrollo de un sistema de recomendaciones de nitrógeno para maíz en el estado de Yaracuy a través del análisis conjunto de experimentos, I Jornada Científica Nacional del Maíz. Guanare, Venezuela.
- Herrera, L. 1999. Metodología para la recomendación de dosis de nutrientes utilizando el análisis de discriminante. 14 Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Comisión V, Universidad de la Frontera TEMUCO. Chile
- Humbert, R. P. 1965. El cultivo de la caña de azúcar. La Habana. Editora Universitaria. p. 108-300
- Infante, C. 1988. Ciclo del N en el cultivo de la caña de azúcar (San Felipe, Edo. Yaracuy. Tesis doctoral para optar al Grado Científico de Doctor en Ciencias Univ. Central de Venezuela, 176 pp.
- INICA. 1993. Bases para la fertilización NPK de la Caña de Azúcar en Cuba.
- INICA. 1986. Fundamentos y guía metodológica para la utilización de los fertilizantes nitrogenados, fosfóricos y potásicos en el cultivo de la caña de azúcar.(1):1-47pp.
- INICA.1990. Normas Metodológicas del Departamento de Suelos y Agroquímica. Tomo 1. 100 pp.
- INICA. 2001. Generación de Recomendaciones de Fertilizantes sobre Bases Experimentales. 194pp
- INPOFOS. 2000. Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. PPI Education and PPIC Education. Cap. 3, 3-1 pp

- Instructivo Técnico para la producción y cultivo de la caña de azúcar. 2007. Dirección de producción de caña. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. 146 p.
- Iznaga, O. 1986. Efectividad de los fertilizantes nitrogenados en la caña de azúcar en suelos Ferralíticos Rojos Saturados. Tesis en opción de grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana. 124 pp.
- Jonson, G. V. 1991: General Model for Predicting Crop Responses to Fertilizer. *Agronomy Journal*. Vol. 83, 368-373 pp
- Karlen, D.L., G.H. Eric, S.A. Susan, A.C. Cynthia, W.M. David, D.D. Michael y P.M. Antonio. 2006. Crop Rotation effects on soil quality at three Northern corn/Soybean locations. *Agron. J.* 98:484-495.
- Keating, B.A., Verburg, K., Huth, N.I. y Roberttson, M.J. 1997. Nitrogen managmenten intensive agriculture: Sugarcane in Australia. In: Keating B.A. and Wilson, J.R. ed. *Intensive Sugarcane Production: Meeting the Challenges beyond 2000*. CAB Internacional, Wallingford, U.K. 221-242.
- Körshens, M.; A. Weizel; E. Schulz. 1998. Turnover of organic soil matter (SOM) and long-term balances tools for evaluating sustainable productivity soils. *Z. Pflanzernernähr. Bodenk.*, 161, 409-424.
- Krupnik, T.J., J. Six, J.K. Ladha, M.J. Paine, y C. van Kessel. 2004. An assessment of fertilizers nitrogen recovery efficiency by grain crops. In *SCOPE 65: Agriculture and the Nitrogen Cycle: Assessing the Impacts of Fertilizers Use on Food Production and the Environment*, edited by A.R. Mosier, J.K. Syers, and J.R. Freney. Island Ress, Washington, DC, USA.
- Larraín P.,P. 2002. Nueva generación de fertilizantes nitrogenados con inhibidor de la nitrificación. *Revista Chile Riego* No 11.
- Lal, H.; G Hoogenboom; J. P. Calixte; J. W. Jones and F. H. Beinroth. 1993. Using Crop Simulation Models and GIS for Regional Productivity Analysis. *Aim. Soc. Of Agric. Eng.*, 36 (1): 175-184 p.
- León, M E.; R. Villegas e I. Cuellar. 1997. Consideraciones sobre la fertilización de la caña de azúcar en Cuba. Informe INICA-MINAZ. Ciudad de la Habana, p: 3
- León, M. 1990. Características agroquímicas de los suelos y efecto de los fertilizantes en la producción de caña de azúcar en la provincia de Ciego de Ávila. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana, 120 pp.

- León, M. 1997. Bases para la fertilización mineral de la caña de azúcar. INICA-MINAZ. Curso 1 del SERFE, Dpto. de Suelos y Agroquímica 1-20 pp.
- León, M. E. 1993. Fertilización de la caña de azúcar. Capt. 4 “Fertilización Nitrogenada”. Dpto. de Suelos y Agroquímica del INICA. Mimeografiado. 150 pp.
- León, M. E. y R. Villegas. 1996. Fundamentación científico técnica de las necesidades de fertilizantes minerales en el cultivo de la caña de azúcar y sus métodos de diagnóstico. Proyecto de Investigación. INICA-MINAZ. 1-4 p.
- León, M. E.; Villegas, R.; Machado, I.; Pérez, M.; Pineda, E.; Pérez, H.; González, M.; Rodríguez, E.; Bouzo, L.; Cabrera, A.; Cortegaza, P. L.; Valdés, A.; Menéndez, A.; Arzola, N.; Rubio, J. R.; González, J.; García, E.; Pérez, A.; Martín, G.; Montero, B.; Rodríguez, S.; Angarica, E.; Reynosa, G.; Pablos, P.; Blanco, R.; Alfonso, A.; Madrigal, F.; Morilla, J. A.; Fernández, P. 2001. Fundamentación científico técnica de las necesidades de fertilizantes minerales en el cultivo de la caña de azúcar y sus métodos de diagnóstico. Ministerio del Azúcar. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Informe de ejecución de proyecto. 17 p.
- León, M. E; Arzola, N.; R., Villegas y Maribel González. 2001. Evolución de la materia orgánica en suelos cultivados con caña de azúcar. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. Varadero Cuba, Simposio Fertilidad del suelo. Boletín No 4. ISSN 1609-1876. 5 pp.
- Lezana, J.R y Carrasco, I. 2002. Utilización del inhibidor de la nitrificación (DMPP, ENTEC@) en sistemas de fertirrigación. PHYTOMA España, 135: 193-195.
- Lima, E.,R.M. Boddey y J.Döbereiner. 1987. Quantification of biological nitrogen fixation associated with sugar cane using a <sup>15</sup>N-aided nitrogen balance. Soil Biol. Biochem. 19:165-170.
- Loiret, F.G, Ortega, E., Kleiner, D., Ortega-Rodés, P., Rodés, R., y Dong, Z. 2004. A putative new endophytic nitrogen fixing bacterium *Pantoea* sp. from sugarcane. Journal of Applied Microbiology (en prensa)
- López, E. 1981. Metodología para recomendaciones de fertilizantes en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum Officinarum* L.) MINAZ. 33 pp.

- Lozano, F., N. Milanés y A. Castillo. 2001. Pérdidas de nitrógeno total por la quema de la caña de azúcar en el ingenio San José de Abajo S. A. de C. V. Córdoba, Veracruz, México. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. Varadero Cuba, Simposio Fertilidad del suelo. Boletín No 4. ISSN 1609-1876. 115 p.
- Luc, M. y P. Heffer. 2007. Desarrollo tecnológico en el uso de los fertilizantes. Informaciones Agronómicas. Instituto Internacional de Nutrición de Plantas, (66):6-12.
- Machado, I., A., Menéndez, M. de León y R., Villegas. 2000. Metodología estadístico matemática utilizada en la fundamentación científica y nuevas recomendaciones de fertilizantes en el cultivo de la caña de azúcar. Forum de Base INICA. 12 p.
- Macdonald, B.C.T.; O.T. Denmead; I. White; T. Naylor; B. Salter; S.R. Wilson; D.W.T Griffith. 2009. Emisiones of nitrogen gases from sugarcane soils. Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists , 31, 85-92.
- Malavolta, E.; y G.C Vitty.1997. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos. 319 pp.
- Martín, J. R; G. E Gálvez; R. De Armas; R. Espinosa; R. R Vigoa y A. Leon. 1987. La Caña de Azúcar en Cuba. Edit. Cient-Téc. 588 p.
- Martín, G. N. 2002. Mineralización del N de los abonos verdes y su participación en la nutrición del maíz. (Zea Mays) cultivado sobre un suelo Ferralítico Rojo de La Habana. Tesis MSc. en Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes. INCA.
- Mazzarino, M. 2002. Circulación de nutrientes en ecosistemas naturales: conservación en la vegetación y dinámica en el suelo. XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo
- McCaty, G. W. N. L. Lissenko y J. L Stan. 1998. Short term changes in soil carbon and nitrogen pools during tillage management transition. Soil Science Society American Journal 62; 1564- 1571.
- Medeiros, A. F. A., Polidoro, J. C., and Reis, V. M. 2006. Nitrogen source effect on Gluconacetobacter diazotrophicus colonization of sugarcane (Saccharum spp.). Plant Soil 279, 141–152.
- Meyer, J.H. and R.A. Wood.1994. Nitrogen managent of sugar cane in sugar cane in South African. Procc. of Australian Society of Sugar Cane Technologists. pp 93 – 103.
- Meyer , J.H.; Schumann, A.W; Wood, R.A.; Nixon, D.J; Van den Berg M. 2007. Recent advances to improve nitrogen use efficiency of sugarcane in the South African industry. Procc. of Australian Society of Sugar Cane Technologists. 26. pp 238-245.

- Mercado, E, y N. Milanés. 2007. Biofertilizantes nitrogenados en la caña de azúcar (*Saccharum sp*) en la región de Veracruz Central. *Revista Cuba & Caña*, p.45. INICA.
- MFP. 2006. Resolución No. 143-2006, sobre el nuevo precio de la caña de azúcar. Ministerio de Finanzas y Precios.
- Milanés, N., F. J. Arreola, A. Castillo. 2001. Degradación de los suelos Cambisoles por el cultivo continuo de la caña de azúcar en el ingenio San Miguelito, Veracruz, México. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. *Boletín Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo*. No. 4 Nov. 01. ISSN 1609-1876. 192 pp.
- Michelena, R. 2002. Experiencias en manejo de cuencas en países de Centro y Sudamérica. XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Com. IV. 5 pp.
- Miller, A. J. 1990. *Subset, Selection in Regression*. Chapman and Hall, London. *Journal Statistical Soc.* 147 p.
- MINAZ. 1988. Instrucciones metodológicas para el servicio agroquímico cultivo de la caña de azúcar. 78 pp.
- MINAZ. 2008. Lineamientos generales para la aplicación de bioestimulantes y fertilizantes a la caña de azúcar en el 2009. Ministerio del Azúcar. 11 p. (monografía).
- Motisi, N., R. Tournebize y J. Sierra. 2007. Evaluación del método de la abundancia natural N-15 en la estimación del efecto de la transferencia de N de la leguminosa *Canavalia ensiformis* (*canavalia*) sobre la nutrición nitrogenada de la planta asociada *Musa acuminata* (plátano). *Cultivos Tropicales* 28 (1): 77-83.
- Mosier, A. R., J. K. Syers y J. R. Freney. 2004. Agriculture and the nitrogen cycle. Appendix. SCOPE. (Scientific Committee on Problems of the Environment). 65: 279.
- Muchovej, M y P. R. Newman. 2004. Nitrogen fertilization of sugarcane on a sandy soil: I. Yield and leaf nutrient composition". *Journal American Society Sugar Cane Technologists*, Vol. 24.
- Muñoz, R.J y J. Caballero Mellado. 2005. *Gluconacetobacter diazotrophicus*, modelo de bacteria endófito. Programa de Ecología Molecular y Microbiana, Centro de Investigación sobre Fijación de N, Universidad Nacional Autónoma de México. Apdo. Postal No. 565-A, Cuernavaca Morelos.



- Muraoka, T.; E.J. Ambrosano; F. Zapata; N. Bortoletto; A.L.M. Martins; P.C.O. Trivelin; A.E. Boaretto y W.B. Scivittaro. 2002. Eficiencia de abonos verdes (crotalaria y mucuna) y urea, Aplicados solos o juntamente, como fuentes de n para el cultivo de arroz. Terra Latinoamericana, Universidad Autónoma de Chapingo, México, 20(1): 17-23.
- Murrell, S. And R. Munson.1999. Phosphorus and potassium economics in crop production. Parts 1, 2 and 3. Better Crops with Plant Food. No 3, p. 20-31. Potash and Phosphate Institute. Norcross, Georgia, EEUU.
- Nelson, L. 1999. Estadística en la investigación del uso de fertilizantes. INPOFOS. 18-27 pp.
- Ng Kee Kwong, K.F.; Deville, J.; Cavalot, P.C.; Riviere,V. 1986. Biological immobilization of fertilizer nitrogen in humid tropical soils of Mauritius. Soil Science, v.141, 195-199.
- Ng Kee Kwong, K.F.; Deville, J. 1994. The course of fertilizer nitrogen uptake by rainfed sugarcane in Mauritius”, Journal of Agricultural Science, 122: 385-391.
- Ng Kee Kwong, K.F. 2004. Ratoon management for sustainable sugar cane production. Proc. Internl. Symp. On Sustainable sugarcane Sugar Production Technol, Naning, P.R.China, 136-142.
- Oliveira, M.W.; Trivelin, P.C.O.; Boaretto, A.E.; Muraoka, T.; Mortatti, J. 2002. Lixiviação de nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio em solo arenoso cultivado com cana-de-açúcar. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 37(6): 861-868.
- Ordóñez, S.; Quintero, R.; Larrahondo, E; Jaramillo, A. 2005. Evaluación de dos métodos analíticos para cuantificar las pérdidas de nitrógeno por volatilización en suelos del valle del río Cauca. Carta Trimestral Cenicaña 27(2): 4-9 pp.
- Orlov, D.S, L.A. Grishina, y N.L. Eroshicheva. 1969. Practicum de bioquímica del humus (en ruso). MGU, Moscú, 157 pp.
- Ortega, E.; Fernández, L.; Ortega-Rodés, P. y Rodés, R. 2004. La fijación biológica del nitrógeno en la caña de azúcar (en linea). [http://www.uh.cu/infogral/areasuh/vri/archivos/ CAR/seminario2004/PDF/PONENCIAS](http://www.uh.cu/infogral/areasuh/vri/archivos/CAR/seminario2004/PDF/PONENCIAS)
- Paneque, V.M.; J.M. Calaña; L. Rodríguez y E.R. Castellanos. 2005. Estudio de la fertilización nitrogenada en variedades de la caña de azúcar cultivadas en diferentes tipos de suelos (Caña Planta).Cultivos Tropicales, 26(4):95-100.
- Parton, W.J., Stewart, W.B. and Cole, C.V. 1988. Dynamics of C,N,P, and S in grassland soils: A model. Biogeochemistry 5:109-131.

- Pérez, H. 1982. Fertilización nitrogenada de la caña de azúcar. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. INICA. La Habana. 130 pp.
- Pérez, H. 1985. Uso del N en la caña de azúcar. Boletín INICA. Edición Especial. 1-70 pp.
- Pérez, L. y L. Herrera. 1998. Aplicación de análisis discriminante para realizar recomendaciones de dosis de nutrientes en maíz (Zea mays. L) UCV. Facultad de Agronomía Maracay, Venezuela.
- Pérez, F. 1999. Los suelos y el uso de los fertilizantes en la caña de azúcar en Tucumán. Argentina. Tesis en opción al grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. 140 pp.
- Pérez, J.; J. Roldós; M. Casas y P. L. Cortegaza. 2001. Inoculantes microbianos: utilidad de su empleo en la diversificación de la agricultura cañera cubana. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. Boletín Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo. No. 4 Nov. 01. ISSN 1609-1876.
- Pérez, F., J Scandalariis, R. Villegas y G. Fadda. 2002. Efecto de la fertilización fosfórica sobre los niveles productivos de caña de azúcar en Tucumán. Informaciones Agronómicas. INPOFOS. Vol. 46, pp: 11-13.
- Pérez, O.; Ovalle, W.; Urquiaga, S. 2005. Up date on biological nitrogen fixation research on sugarcane in Guatemala. Proc. Int. Soc. Sugarcane Technolog. 25(2):14-23.
- Pérez, O.; Ufer, C.; Azañón, V. y Solares, E. 2008. Estrategias para la optimización del uso de fertilizantes nitrogenados en el cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. Revista Atagua, Oct-Dic.
- Pérez, O.; F. Hernández; A. López; P. Balaña; E. Solares y A. Maldonado. 2008. The use of green manure as an alternative to improve and sustainability of the sugarcane crop. Sugar Journal. 70 (9):14-21.
- Pimentel J.P.; Olivares, F.; Pitard, R.M.; Urquiaga S.; Akiba F. y Dobereiner J. 1991. Dinitrogen fixation and infection of grass leaves by Pseudomonas rubrisubalbicans and Herbaspirillum seropedicae. Plant Soil 137: 61-65.
- Pineda, E. 2000. Los factores edáficos y la respuesta de la caña de azúcar a los fertilizantes. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. INICA-MINAZ, ETICA Villa Clara.

- Pineda, E.; A. Menéndez y I. Rodríguez. 2001. Factores edáficos asociados a la respuesta de la caña de azúcar a los fertilizantes nitrogenados. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. Boletín Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo. No. 4 Nov. 01. ISSN 1609-1876. 116 pp.
- Pineda, R. 2004. A propósito de ecología, agricultura y fertilizantes. Centro de Investigación y Promoción del campesinado. CIPCA. Piura. Perú. 8 p.
- Pinochet, D.; J.Mendoza y A.Galvis. 2004. Potencial de mineralización de N de un Hapludand con distintos manejos agrícolas. Cien. Investig. Agr. 27(2):97-106.
- Ponce de León, D. y C. Balmaceda.1999. El recurso suelo en el cultivo de la caña de azúcar INICA. La Habana. 115 pp.
- Rebolledo, H. 1999. Estimación de diferentes modelos de regresión a experimentos de fertilización y su comparación con fines de generar recomendaciones optimas económicas. 14 Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Comisión V, Universidad de la Frontera TEMUCO.
- Reynoso, A. 1862. Ensayo sobre el Cultivo de la Caña de Azúcar. Sexta edición, (1998). Publicaciones azucareras, La Habana. 372 p.
- Reyes Cano, R. 1962. Influence of rainfall on the effect of nitrogen in sugar cane”. Proc. 11th Cong. ISSCT, Mauritius: 91-99.
- Rich, J.J.; R.S. Heichen; P.J. Bottmley; K. Cromack; D.D. Myrold. 2003. Community composition and functioning of denitrifying bacteria from adjacent meadow and forest soils. Applied and Environment Microbiology 69, 5974-15982.
- Rivera, R. y E. Treto. 1984. Estudio de las aguas lisimétricas de un suelo Ferralítico Rojo compactado cultivado con caña de azúcar. Cultivos Tropicales. 6(4):861-880.
- Rivera, R. y E. Treto. 1989. Adsorción y balance del fertilizante nitrogenado en caña planta, sobre suelo Ferralítico Rojo compactado, utilizando 15N. Cultivos Tropicales. 10(4).
- Rivera, R., A. Velazco y E. Treto. 1991. La fertilización (15N), nutrición nitrogenada y actividad de los microorganismos nitrificadores en la caña de azúcar, cepa de caña planta, cultivada sobre suelo ferralítico rojo. Cultivos Tropicales 12:21-28.

- Robinson, N; Gamage, H; Whan, N.; Vinall, K.; Fletcher, A.; Brackin, R.; Holst, J.; Laksmanan, P.; Schmidt, S. 2009. Evidence of differences in nitrogen use efficiency in sugarcane genotypes. Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists 31: 256-264.
- Rodríguez, S. R. y Nilva Osorio. 2001. La fertilización con N en un experimento de larga duración después de 15 cosechas sucesivas en Las Tunas. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. Boletín Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo. No. 4 Nov. 01. ISSN 1609-1876.
- Rodríguez, E. 2002. Generación de Recomendaciones de fertilizantes nitrogenados para el cultivo de la caña de azúcar. Tesis MSc. en Ciencias del Suelo. UNAH. INICA. 78 pp.
- Rodríguez, I. P., C. Ochevze, A. C. Vitti y C. E. Faroni (2006). Nitrógeno y Azufre en la productividad de la caña de azúcar. VI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe ATALAC. Guayaquil. Ecuador. 12 al 15 Septiembre, 2006. pp 199-205.
- Rogasik, J.; S. Schroetter.; U. Funder; E. Schnug; P. Kurtinecz. 2004. Long-term fertilizer experiments as a data base for calculating the carbon sink potential of arable soils. Archives of Agronomy and Soil Science, vol. 50 (1): 11-19.
- Roldós, J. E. 1986. Evaluación de algunos factores edáficos limitantes de la producción de la caña de azúcar. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. INICA. Ciudad Habana, 113 pp.
- Romero, E.R.; Olea, I.; Scandaliaris, J.; Alonso, J; Digonzelli, P.; Tonatto, J.; Leggio Neme, M. F. 2004. Recomendaciones para la Fertilización de la caña de azúcar. Gacetilla Agroindustrial de la EEAOC (61).
- Ruiz, María, A. Uset, J. Ruiz, Alicia del Valle, H. Medina y Maira Ferrer. 2001. Sistema para estimar la afectación en los rendimientos de la caña de azúcar por clima y suelos. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. Boletín Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo. No. 4 Nov. 01. ISSN 1609-1876.
- Ruschel ,A. P. y P. B. Vose. 1982. Nitrogen cycling in sugarcane. Plant and Soil 67, 139-146.
- Salgado G.,S., L. Bucio A., L. C. Lagunas E. y D. Riestra . 2001. Manejo integral del cultivo de la caña de azúcar en Tabasco. Campus Tabasco, IRENAT-Colegio de Postgraduados. H. Cárdenas, Tabasco. 250 p

- Samuels, E. P and B. G. Capó. 1956. The response in sugar cane in Puerto Rico to various nitrogen sources. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*. Vol. 36 (3).
- Sánchez H.,R., D.J. Palma L., C.F. Ortiz G., J.J. Obrador O, y U. López. 2000. Efecto de los residuos post-cosecha sobre las propiedades químicas y rendimiento de caña de azúcar en un suelo Vertisol de Tabasco. In: *Memorias del IX Día el Cañero*. Campus Tabasco, CP-ISPROTAB. H. Cárdenas, Tabasco. pp.42-49.
- Sandoval, E. M. A. 1997. Indicadores de calidad de suelos con diversos manejos. Tesis de MSc. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 76 pp.
- Schröder, J.J., J.J. Neeteson, O. Oenema, and P.C. Struik. 2000. Does crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production? Reviewing the state of the art. *Field Crops Res.* 66:151–164.
- Schroeder, B.L., Wood, A.W., Moody, P.W., Panitz, J.H., Agnew, J.R., Sluggett, R.J., y Salter, B. 2006. Delivering nutrient management guidelines to growers in the central region of the Australian sugar industry. *Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol.*, 28:142-154.
- Serna M.D., 1994. Eficacie of Diciadimide as a soil nitrification inhibitor in Citrus production. *Soil Sci. Soc. American Journal* 58 : 1817-1824.
- Shaap, M and FJ. Leij. 1998. Database related accuracy and uncertainty of pedotransfer functions. *Soil Science*, 163(10):765-779.
- Shishov, L. L.; Viera Shishova; J. J. Cordero; M. Castellanos. 1973. Informe preliminar sobre lixiviación de elemento nutritivos en algunos dedicados al cultivo de la caña de azúcar. *Serie Caña de Azúcar* . No 60. INICA. ACC. 10 pp.
- Singh, K. P., Suman, A., Singh, P. N., and Lal, M. 2007. Yield and soil nutrient balance of a sugarcane plant-ratoon system with conventional and organic nutrient management in sub-tropical India. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 79, 209–219.
- Sims, J. T. 1999. Soil fertility evaluation. pp. D113-D153. In M. E. Sumner (Ed). *Handbook of Soil Science*. CRC Press, Boca de Raton, Fl.
- Snyder, C.S. (2009). Eficiencia de uso del Nitrógeno: Desafíos mundiales, tendencias futuras. *Revista Informaciones Agronómicas*. No. 75. international Plant Nutrition Institute (IPNI) Pág. 1-5.

- Snyder, C.S., T.W. Bruuslsema, y T.L. Jensen. (2007). Best Management Practices to Minimize Greenhouse Gas Emissions Associated with Fertilizer Use. *Better Crops With Plant Food* 91(4):16-18.
- Solé, R. V., J. G. P. Gamarra, M. Ginovart, and D. López. (1999). Controlling chaos in ecology: from deterministic to individual-based models. *Bulletin of Mathematical Biology* 61:1187-1207.
- Stangel, P.J. 1984. World nitrogen situation, trends, Outlook, and requirements . In:Hauk, R.D. (eds.).*Nitrogen in Crop Production*. Madison:ASA, CSSA,SSSA, p.23-54.
- Stewart, W.M., D.W.Dibb, A.E.Johnston y T.J. Smyth. 2005. The contribution of comercial fertilizar nutrientes to food production. *Agron.J.*97:1-6.
- Stewart, W. M. 2007. Consideraciones del uso eficiente de nutrientes. *Informaciones Agronómicas*. International Plant Nutrition Institute. No. 67:1-6.
- Strebin, S y A, Urrutia. 1999. Manual de Fertilización de la Caña de Azúcar para los Estados Portuguesa y Cojedes, Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “ Ezequiel Zamora” (UNELLEZ).
- SPSS Inc. 2003. SPSS para Windows. Versión 11.5. Paquete estadístico.
- STATISTICAL GRAPHICS CORP. 2000. STATGRAPHICS Plus. Versión 5.0. Paquete estadístico.
- STATSOFT INC. 2000. STATISTICA for Windows. Release 6.0. Paquete estadístico.
- Srivastava, S.C., and N.R. Suarez. 1992. Sugarcane. [Online] Pages: 257-266 In: *World Fertilizer Use Manual*, W. Wichmann, (ed.) BASF AG, Germany.
- Sumner, M. E. 2001. Diagnóstico de los requerimientos de fertilización de cultivos extensivos. *Informaciones Agronómicas*. INPOFOS. No 44. 8-13 pp.
- Sulroca, D.F. 1995. El ABC de los fertilizantes y su manejo en la caña de azúcar”, *Revista Cañaveral*, Cuba 1(2): 6-13.
- Sulroca, F. 1998. Agroproductividad. Comunicación personal.
- Terry L. R. 2002. Fertilidad del suelo, altos rendimientos y rentabilidad. *Informaciones agronómicas* No. 46, Feb. 2002, p. 6-10.

- Thorburn, P.J, Horan, H.L y Biggs, J.S. 2004. The impact of trash management on sugarcane production and nitrogen management: a simulation study. Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists.
- Trivelin, P.C.O.; Rodrigues, J.C.S.; Victoria, R.L. 1996. Utilização por soqueira de cana-de-açúcar de início de safra do nitrogênio da aquamônia-15N e uréia-15N aplicado ao solo em complemento à vinhaça”, Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.31, 89-99.
- Trivelin, P.C.O.; Oliveira, M.W.; Vitti, A.C.; Gava, G.J.C.;Bendassolli, J.A. 2002a. Perdas do nitrogênio da uréia no sistema solo-planta em dois ciclos de cana-de-açúcar. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.37, 193-201.
- Trivelin. P. C. O., A. C. Vitti, M. W. Oliveira y G. J. C. Gava. 2002b. Utilização de nitrogênio e produtividade da cana de açúcar (caña planta) em solo arenoso com incorporação de resíduos da cultura. Revista Brasileira de Ciência de Solo. 26: 637-646.
- Urquiaga. S., K. H. S. Cruz y R. M. Boddey.1992. Contribution of nitrogen fixation to sugar cane. Nitrogen-15 and nitrogen-balance estimate. Soil Science Society American Journal 56: 105-114.
- Urquiaga, S.; B. Alves; R. Boddey; J. Dobereiner. 1999. La fijación biológica del N como soporte de la agricultura sostenible en América Latina. XIV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Chile. Universidad de la Frontera, TEMUCO.
- Urquiaga, S., A. S. de Resende, B. J. Alves y R. Boddey. 2001. Potencial de la fijación biológica de N en la productividad de sistemas agrícolas de América Latina. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. Boletín Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo. No. 4 Nov. 01. ISSN 1609-1876.
- Quintero, D.R. 1997. Fertilización nitrogenada en caña de azúcar. CENICAÑA. Serie Técnica No 21. 15pp.
- Quintero, C.E. y G.N. Boschetti. 2006. Eficiencia de uso del nitrógeno en trigo y maíz en la región pampeana Argentina. Facultad de Ciencias Agropecuarias UNER. <http://www.elsitioagricola.com>
- Yadav,R.L. 1986. Sustaining ratoon cane yields with efficient N management practices. Fertilizer News 31(6):17-22.
- Yoneyama, T., Muraoka, T., Kim, T. H., Dacanay, E. V. and Nakanishi, Y.1997. The natural 15N abundance of sugarcane and neighbouring plants in Brazil, the Philippines and Miyako (Japan). Plant Soil 189: 239-244.

- Vallis, I. y Keating, B.A. 1996. Uptake and loss of fertiliser and soil nitrogen in sugarcane crops. Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol: 105-113.
- Vaugh, D. L.; Cate Jr., R. B.; Nelson, L. A. 1973. Discontinuous models for rapid correlation, interpretation and utilization of soil analysis and fertilizer response data. North Carolina State University at Raleigh. Contract aid 1a-646.106 p
- Vera, S. G. 2000. Influencia de diferentes agrosistemas sobre la densidad aparente de un Vertisol del Plan Chontalpa, Tabasco. Tesis profesional. CEP-CSAEGRO. Cocula, Guerrero. 33 p.
- Verchot, L.V., Z. Holmes; L. Mulon; P. M. Groffman; G. M. Lovett. 2001. Gross vs net rates of N mineralization and nitrification as indicators of functional differences between forest types. Soil Biol. Biochem. 33:1889-1901.
- Villegas, R. 1999. Manual de procedimientos del SERFE. Prólogo. INICA-MINAZ.60 pp.
- Villegas, R. y Regla. M. Chang. 1996. Análisis de la fertilización nitrogenada en cepas de caña planta. Reporte del Dpto. de Suelos y Agroquímica INICA.Ciudad la Habana. 17 pp.
- Villegas, R., M. López, M. E. de León. 1993. Bases para la fertilización NPK de la caña de azúcar en Cuba. INICA-MINAZ. 8 pp.
- Wang, W.J.; P. Moody; S. Reeves; B. Salter; R. Dalal. 2008. Nitrous oxide emissions from sugarcane soils: effects of urea forms and application rate. Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists , 30, 87-94.
- Weier, K. L. 1994. Nitrogen use and losses in agriculture in subtropical Australia. Fertil.Res. 39, 245–257.
- Weier, K.C., C.W. McEwan, I. Vallis, V.R. Catchoole y R.J. Myers. 1996. Potential for biological denitrification of fertilizer nitrogen in sugarcane soils. Aust. J. Agric. Res. 47: 67-79.
- Wiedenfeld, P.R. 2000. Water stress during different sugarcane growth periods on yield and response to N fertilization. Agric. Water Management 43:173-182.
- Wood, G. H. 1968. Nitrogen fertilizers use for sugar cane. Amounts of N required Procc.. S. Africa. Sugar. Tech. ASSOC. 52 (3), 225-241 pp.
- Zérega, L. y T.Hernández. 1998. Efectos del N orgánico y mineral sobre el rendimiento de la caña de azúcar. BIOAGRO, 10(3): 63-67.



- Zuaznábar, Z. R. 2009. Impacto sobre el medio del monocultivo con el uso de la quema y la fertilización nitrogenada en agroecosistemas cañeros. Tesis presentada en opción al título académico de Maestro en Ciencias del Suelo. Universidad Agraria de la Habana. INICA. 78p.

# ANEXOS

Anexo 1 Altura de los tallos

SNn-3		altura del tallo				23/01/2014													
Tratamiento		Tratamiento		Tratamiento		Tratamiento		Tratamiento		Tratamiento		Tratamiento		Tratamiento		Tratamiento		Tratamiento	
v	2,1	III	2	VII	2,2	IT	1,9	IX	2,25	II	1,9	X	2,2	IV	2,15	VIII	2,2	VI	2,1
	2,15		2		2,1		1,9		2,1		1,95		2,1		2,1		2,15		2,15
	2,1		2,05		2,15		1,8		2,1		1,95		2,25		2,15		2,25		2,15
	2,1		1,95		2,2		1,85		2,15		2,05		2,15		2,05		2,1		2,1
	2,2		2,1		2,1		1,9		2,15		2		2,15		1,95		2,15		2
	2,05		2,1		2,15		1,95		2,5		2		2,1		2,1		2,2		2,15
	2,1		2,05		2,05		1,85		2,2		2		2,2		2,1		2,2		2,2
	2,1		2,1		2,05		1,7		2,2		1,9		2,2		2,15		2,15		2,2
	2,05		2,1		2,1		1,8		2,15		1,95		2,15		2,2		2,2		2,15
	2,1		2,05		2,15		1,85		2,25		2,05		2,25		2,1		2,15		2,15
					21,3		18,5		22,1		19,8		21,8				21,8		
IX	2,2	VII	2,1	X	2,2	V	2,15	VIII	2,15	III	2	VI	2,1	IT	1,9	IV	2,1	II	1,95
	2,1		2,15		2,2		2		2,15		2,1		2,15		1,9		2,1		1,9
	2,2		2,05		2,15		2,05		2,1		2		2,15		1,8		2,05		1,9
	2,2		2,1		2,25		2,1		2,2		2		2,1		1,9		2		1,75
	2,15		2,15		2,2		2,15		2,15		2,15		2		2		2,1		1,9
	2,1		2,15		2,25		2,15		2,2		2,15		2,15		1,95		2,15		1,95
	2,15		2,1		2,1		2,05		2,15		2,1		2,1		2,9		2,1		1,9
	2,2		2,15		2,15		2,1		2,1		2,15		2,15		1,85		2,05		1,9
	2,1		2,15		2,2		2,15		2,1		2,2		2,1		1,95		2		1,95
	2,1		2,2		2,1		2,1		2,2		2,1		2		2		2,1		1,8
	21,5		21,3		21,8				21,5						20,2				18,9
IV	2,1	VI	2,2	II	1,9	VIII	2,25	IT	1,9	X	2,25	III	2,1	IX	2,1	V	2,1	VII	2
	2,15		2,15		1,9		2,15		1,95		2,25		2		2,15		2		2,1



Anexo 2 Conteo de los tallos

SNn-3	conteo de tallos 17-1-2014																			
	Tratamiento		Tratamiento		Tratamiento		Tratamiento		Tratamiento		Tratamiento		Tratamiento		Tratamiento		Tratamiento		Tratamiento	
Tallos molibles	V	254	III	220	VII	233	I T	150	IX	260	II	180	X	245	IV	205	VIII	274	VI	230
Tallos no molibles		58		50		53		59		52		57		75		58		73		73
Tallos secos		115		95		95		55		105		75		175		135		115		145
Tallos molibles	IX	240	VII	237	X	207	V	215	VIII	279	III	240	VI	273	I T	153	IV	198	II	188
Tallos no molibles		49		39		53		38		59		69		60		53		53		57
Tallos secos		75		75		103		85		145		125		175		105		115		105
Tallos molibles	IV	261	VI	277	II	243	VIII	243	I T	177	V	271	III	220	IX	251	V	200	VII	233
Tallos no molibles		62		51		59		39		37		63		70		47		65		65
Tallos secos		85		125		105		125		75		155		115		145		135		135
Tallos molibles	VII	252	X	262	VI	247	IX	271	IV	239	VII	290	II	220	V	235	I T	211	III	261
Tallos no molibles		53		56		59		42		47		70		57		51		64		62
Tallos secos		105		175		95		145		85		165		105		135		135		165
Tallos molibles	I TESTIGO	288	II	255	III	230	IV	222	V	224	VI	260	VII	259	VIII	341	IX	259	X	264
Tallos no molibles		60		62		51		48		46		63		65		52		52		64
Tallos secos		85		135		115		115		95		155		165		155		165		175

Anexo 3 Grosor de los tallos

SNn-3				grosor 29-1-2014															
Tratamiento		Tratamiento		Tratamiento		Tratamiento		Tratamiento		Tratamiento		Tratamiento		Tratamiento		Tratamiento		Tratamiento	
v	2,7	III	2,7	VII	3	IT	2,7	IX	2,9	II	2,6	X	2,9	IV	2,7	VIII	3	VI	2,9
	2,9		2,6		2,9		2,7		2,8		2,4		3,1		2,7		2,9		3
	3		2,9		2,7		2,8		2,9		2,7		2,8		3		2,9		2,7
	2,9		2,8		2,8		2,9		3,1		2,5		2,7		2,9		2,8		2,8
	3		2,7		2,7		2,7		3		2,4		3,1		2,8		3		2,9
	2,7		2,8		3		2,8		3		2,8		3,1		2,9		3		3
	2,6		2,7		2,7		2,4		2,7		2,4		2,7		2,6		2,8		2,7
	2,9		2,9		2,6		2,7		2,9		2,7		3		2,7		2,7		2,7
	3		2,9		2,9		2,6		3		2,6		3		2,8		2,9		2,8
	3		3		3		2,9		3		2,5		2,7		2,9		3,1		3
IX	3	VII	2,7	X	3	V	2,6	VIII	3	III	2,7	VI	2,7	IT	2,7	IV	3	II	2,9
	3		2,9		3		2,9		2,9		2,6		2,9		2,8		2,7		2,7
	2,9		2,8		2,9		2,7		3		2,9		2,8		2,5		2,7		2,8
	3,1		2,8		3,1		2,8		2,8		2,8		2,7		2,4		2,8		2
	3		2,7		3		2,7		2,7		2,7		2,6		2,5		2,7		2,9
	3		3		3,1		2,9		2,7		3		2,6		2,4		2,9		2,5

	2,8		2,8		2,7		2,5		3		2,8		3		2,7		2,6		2,8
	3,1		3		3		2,7		3,1		3		2,9		2,6		2,7		2,7
	2,9		2,9		2,9		2,8		3		2,6		3		2,5		2,9		2,6
	3		3		3,1		2,9		2,9		2,9		3,1		2,4		2,9		2,6
IV	3	VI	2,6	II	2,6	VIII	3	IT	2,4	V	2,7	III	2,5	IX	3	V	2,9	VII	2,9
	2,9		2,9		2,4		2,9		2,4		2,7		2,7		2,9		2,7		2,8
	3		1,8		2,7		2,8		2,7		2,9		2,6		2,9		2,8		2,8
	2,7		3		2,9		2,9		2,8		3,1		2,9		3		3		3
	2,8		2,8		2,8		2,6		2,5		2,9		3		2,8		2,8		3,1
	2,8		3		2,4		2,9		2,8		3,1		2,8		3		2,5		3
	2,5		2,7		2,7		2,6		2,4		2,8		2,5		2,8		2,9		2,5
	2,7		3		2,8		2,9		2,9		3		2,7		3		2,9		3
	2,9		2,9		2,6		2,9		2,6		3,1		2,6		3,1		3		2,7
	2,8		2,8		2,7		3,1		2,5		3		2,6		2,9		3		2,9
VII	3	X	2,9	VI	2,7	IX	2,9	IV	3	VII	3	II	2,6	V	3	IT	2,4	III	2,8
	3,1		3		2,7		2,8		2,7		2,7		2,8		2,9		2,7		2,5
	2,9		3,1		2,9		3		2,6		2,8		2,9		2,6		2,8		2,5
	2,9		2,7		3		3		2,8		2,9		3		2,9		2,6		1,8
	3,1		2,9		2,9		2,9		2,7		3		2,1		2,9		2,5		2,7
	2,9		3		3		3		2,4		3		3,6		2,7		2,4		2,8
	2,6		2,7		2,7		2,7		2,9		2,6		2,8		2,9		2,7		2,6
	2,8		3		3		3,1		2,7		2,7		2,6		2,7		2,5		2,7
	2,9		3,1		2,9		3		2,6		2,6		2,5		2,7		2,6		2,7
	2,7		3		2,8		2,7		2,9		3,1		2,7		2,9		2,6		2,6
I TESTIGO	2,8	II	2,5	III	2,7	IV	2,7	V	2,9	VI	2,6	VII	2,5	VIII	2,9	IX	3,1	X	3,1
	2,4		2,6		2,8		2,9		3		2,9		2,7		2,9		2,9		2,9
	2,4		2,7		2,9		2,8		2,7		3		2,7		2,7		2,9		3
	2,7		2,8		3		2,7		2,9		2,9		3		2,9		3		3
	2,3		2,7		2,7		2,9		2,8		2,9		2,8		2,8		3		2,9
	2,4		2,8		2,6		2,9		2,9		3		2,9		3		2,8		3,1
	2,7		2,4		2,9		2,7		2,7		2,7		2,9		2,7		3,1		2,8
	2,5		2,3		2,7		2,9		2,9		2,8		2,8		3,1		3		3

	2,5		2,7		2,6		3		3		3		2,9		3		3		3
	2,6		2,6		2,5		3		3		2,7		3		2,9		2,9		2,9

Anexo 4



SNn-3	MUESTREO DE EXTRACCION 11-2-2014								
Tratamiento	parcela	Peso de la muestra	Peso de la caña	Peso húmedo caña	Peso seco caña	% humedad caña	Peso húmedo cogollo	Peso seco cogollo	% humedad cogollo
I	1	10,4	8,2	1,5	0,7	53	2,2	0,6	72
II	2	11,4	9,2	2,3	0,8	65	2,2	0,7	68
III	3	10,8	8,7	2,1	0,7	66	2,1	0,9	57
IV	4	13,1	10,3	2,5	1	60	2,5	0,9	64
V	5	10,9	8,8	1,5	0,8	46	2,1	0,6	71
VI	6	11,5	8,9	2,1	0,8	61	1,6	1	37
VII	7	12,3	10	2,4	0,8	66	2,3	0,7	69
VIII	8	12,5	10	2	0,9	55	2,5	0,8	68
IX	9	9,6	8	1,7	0,7	58	1,6	0,8	50
X	10	11,1	9,1	2,5	0,7	72	2	0,7	65

SNn-3						SNn-3					
Tratamiento	parcela	temp	Brix	PoI	Peso de la muestra	Tratamiento	parcela	temp	Brix	PoI	Peso de la muestra
I	1	22,3	20,5	11,2	8,1	VI	6	22,3	20,5	12,2	10,3
	19	21,6	20,4	11,9	8,2		13	22,3	19,8	8,3	9,1
	25	22,2	20,7	12,1	7		22	22,3	21,1	14,8	8,2
	38	22,3	20	9,2	9,5		37	22,4	20,3	11	9,6
	44	22,3	19,6	8,7	8,6		50	22,4	20	9,3	9,1
II	2	22,1	19,7	7,9	7,2	VII	7	22,3	20,6	12	7,5
	17	21,6	20,9	12,8	8,1		16	22,3	20,3	9,5	8,1
	23	21,5	20,9	12,5	7,6		30	22,2	21,2	12,9	7,7
	40	22,3	19,9	8,9	8,5		32	21,6	20,9	12,2	9,2
	46	21,5	20	9,4	8,6		43	22,1	20,1	9,1	8,1
III	3	22,4	20,4	9	8,6	VIII	8	22,4	21,1	12	7,6
	20	22,3	19,6	7,1	9,4		11	22,4	19,5	12,4	8,9
	27	22,4	20,8	12,2	8,6		24	20,9	21,6	13,3	7,4
	36	22,3	20,9	13,1	9,4		35	22,2	20	9	7,6
	42	22,3	20,6	12	9,1		49	22,2	19,4	16,3	8,6
IV	4	22,3	20,6	12,5	8,6	IX	9	22,1	20,6	12,1	8,6
	15	22,3	20,6	11,2	8,4		14	22,3	21	12,9	7,5
	21	22,1	21	13,1	7,9		28	22,3	20,2	9	7,3
	39	22,3	20,8	11,9	9,7		31	22,3	20,3	12,1	7,5
	48	22,3	20,1	8,8	8,4		45	21,6	20,8	12,2	8,1
V	5	22,3	20,9	12,1	8,4	X	10	22,3	19,5	7,5	8,6
	18	22,2	20	9,8	8,1		12	22,3	19,3	7,7	8,1
	29	22,4	20,7	12,2	7,3		26	22,3	20,9	12,9	7,9
	34	22,3	20,6	11,9	7,5		33	22,3	20,8	12,1	7,3
	41	21,6	20,5	12,2	7,1		47	22,3	20,1	8,9	7,2

