

*Centro Universitario de Guantánamo
Facultad de Agronomía.*

***Título : Comportamiento de la aplicación del Fertilizantes NPK en
Caña de Azúcar mediante el SERFE en Guantánamo.***



*Autores : Arsenio Cabrera Hechavarría.
Aysel García De la cruz.*

*Tutores : MS.c Víctor Manuel Barrientos Verdecia.
MS.c Gerardo Cervera Duverger
Ing. Lázaro Telo Crespo*

Guantánamo , 2004.

PENSAMIENTO

Pertenecemos a la estirpe de los que no se rinden, de los que pelean, de los que luchan; de los que no se desalientan ante nada y buscan soluciones...

Fidel Castro Ruz.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradecer a nuestro gran guía **Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz**, por la extraordinaria obra de la Revolución.

A los tutores y profesores por la ayuda que nos brindaron en la realización de este trabajo.

Al colectivo de trabajadores del GESA y otras personas que de una forma u otra hicieron posible la culminación de nuestros estudios.

A nuestros familiares, que con amor y ternura nos inculcaron la mejor enseñanza, el mayor sentimiento a la Patria y por contribuir a nuestra preparación.

DEDICATORIA

A la Revolución Cubana, a nuestros familiares y compañeros que con sus esfuerzos, amor y preocupación han permitido la culminación exitosa de los estudios realizados.

RESUMEN

El Servicio de Recomendaciones de Fertilizantes y Enmiendas (SERFE) para la Caña de Azúcar, ha propiciado aplicar tecnologías integrales atendiendo a las condiciones edafoclimáticas de cada localidad, posibilidad de insumos y recursos existentes, facilitando a las entidades productoras una herramienta automatizada con los fundamentos para la fertilización con criterios científicos y en las cantidades que satisfagan las necesidades del cultivo, evitando la utilización irracional en detrimento del medio ambiente. Se presenta el comportamiento de la aplicación de fertilizante NPK y la efectividad de la recomendación mediante parcelas demostrativas, en las tres Empresas cañeras de la Provincia de Guantánamo que abarcan un área total de 14593.4 ha. distribuidas en 28 UBPC, 4 CPA y 8 CCS. El estudio se realizó sobre suelos Sialitizados Cálcidos. El diseño utilizado fue de Bloque al Azar, según Lerch, (1987). Las evaluaciones se realizaron según manual de procedimiento del INICA (2000). Entre sus principales resultados se encuentra el incremento de 8.72 T/ha de caña equivalente a 2171.18 (MN) y una ganancia adicional de \$1543.34. Por concepto de su aplicación ha generado como resultado de la investigación-producción en la provincia un ahorro de 145.93 toneladas de fertilizantes que asciende a 35 873.4 USD con relación al total de área (14593.4 ha). fertilizadas por el sistema tradicional, atribuibles a la compra de insumos por disminución de la dosis, además ha permitido lograr una cultura integral en el uso y manejo de los fertilizantes, así como la motivación de todos los productores a la conservación del ecosistema.

ABSTRACT

The Service of Recommendations, Fertilizers and Encouragements (SERFE) for the sugar cane has provided into account, integrated technology taking into the edaphoclimatic conditions of each locality possibilities of income and existing recourse, facilitating to the producers entities, an automatized tools with the foundations for the fertilization with scientific criteria and in the amount that satisfies the necessity of the cultivar, avoiding the irrational utilization in harm of the environment the compartment of this work is presented of the application of the fertilizer NPK and the efficiency and recommendation by means of demonstrative plot of ground, in three sugar cane Enterprise of Guantánamo province that surround a total area of 14593.4 hectares distributed in 28 UBPC, 4 CPA and 8 CCS, the study is realized above sea level. The design used was of factorial block, according to Lerch, in 1987. The evaluation was developed according to the manual procedure of INICA (2000). Among their principal results the improvement of the sugar cane is about 8.72 T/ Hectare and the equivalent is of 2171.18 (MN) and the additional gain of \$ 1543.34. For a concept of application have generated as result of the production investigation a saving of 145.93 tone of fertilizer in the province that raise to 35873.4 (USD) in relation to total area (14593.4) hectares fertilized by traditional system, attribute to a buy income by the diminution of the dose, more over it permitted, to obtain an integral culture in the use of the management of all producers of the conservation of the ecosystem.

Nº	INDICE	“Página”
I	INTRODUCCION	1
II	PARTE GENERAL.	3
2.1	Caracterización geográfica.	3
2.1.1	Condiciones climáticas	3
2.1.2	Generalidades del suelo.	4
2.1.3	Factores edáficos limitantes.	6
2.1.4	Factores bióticos.	8
2.1.5	Algunos aspectos sobre la evaluación de la aptitud física de los suelos.	10
2.2	Efectos de los factores climáticos en el aprovechamiento de los suelos.	11
2.2.1	Influencia de las labores de cultivo en caña de azúcar.	12
2.3	Generalidades sobre la nutrición de la caña de azúcar.	13
2.3.1	Fertilización nitrogenada y su efectos sobre la caña de azúcar.	15
2.3.2	Criterios para recomendar la dosis de nitrógeno	17
2.3.3	Efectos del fósforo sobre la caña de azúcar	17
2.3.4	Criterios para recomendar la dosis de fósforo	18
2.3.5	Efectos del potasio sobre la caña de azúcar	18
2.3.6	Criterios para recomendar dosis de potasio	19
III	MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1	Distribución de las áreas beneficiadas con el servicio por empresas	21
3.2	Ubicación de los centrales azucareros de la Provincia de Guantánamo	21
3.3	Procedimientos y montaje de los experimentos	22
3.3.1	Valoración del impacto del SERFE en el uso y manejo de los fertilizantes	24
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1	Comportamiento de las variables fonológicas y de rendimiento	25
4.2	Análisis económico de la aplicación de los fertilizantes NPK	26
V	CONCLUSIONES	29
VI	RECOMENDACIONES	30
VII	BIBLIOGRAFÍA	31
VIII	ANEXOS (1, 2, 3, 4 y 5)	

INTRODUCCIÓN

El continuo incremento de la población mundial demanda nuevos métodos y mayores producciones de alimentos. Los fertilizantes resultan indispensable para el desarrollo de la agricultura, esto es posible si los mismos son utilizados racionalmente. La caña de azúcar con su carácter intensivo necesita de la fertilización mineral (NPK), pero establecer cuándo y cuánto se debe aplicar constituye una ardua tarea.

Según León *et al* (1996), los criterios para el uso y manejo de los fertilizantes aparecieron por primera vez en Cuba en forma de metodología en 1976, como resultado de los esfuerzos del Ministerio de la Agricultura con asesoría de la desaparecida Unión Soviética, a partir de resultados obtenidos por el Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) y otros centros de investigación y universidades. Las experiencias derivadas de su aplicación permitieron en 1980 el perfeccionamiento de la versión que utilizó el Ministerio del Azúcar. Ya en el año 1986, integrando las experiencias alcanzada en la práctica y generalizando resultados obtenidos por el INICA y otros centros de investigación, se elaboró una nueva metodología, así se fue perfeccionando el sistema, ya en el año 1996 se extiende en todos el País la aplicación del Servicio de Recomendación de Fertilizantes y Enmiendas (SERFE).

Teniendo en cuenta lo antes expuesto se implementa el SERFE en Guantánamo, sistema que permite recomendar a nivel de Unidad Mínima de Manejo (campo de caña) y establece como se debe aplicar el fertilizante, proporcionando a las entidades productoras, los fundamentos para su aplicación con criterios científicos y en las cantidades que satisfagan las necesidades del cultivo, evitando la utilización irracional en detrimento del medio ambiente. Tiene además la misión de contribuir a la preservación de la fertilidad del recurso suelo y crear una base de datos fidedigna sobre la misma con registros sistemáticos que aporten los elementos indispensables para la ejecución de las importaciones de fertilizantes, así como de la planificación de la producción nacional.

Objetivo:

Comprobar la efectividad del Servicio de Recomendaciones de Fertilizantes Mineral (NPK) en caña de azúcar en las condiciones del macizo cañero de Guantánamo.

Hipótesis:

El empleo del SERFE permitirá evaluar el comportamiento de la aplicación de fertilizante NPK en caña de azúcar y logrará incrementos en los rendimientos agrícolas con la reducción de sus costos.

II PARTE GENERAL

2.1 Caracterización geográfica.

La provincia de Guantánamo se encuentra en la parte más oriental de la Isla de Cuba, en la latitud 75' 30' y longitud 20' 38' y ocupa un área 6171 km², limita por el norte con la provincia de Holguín y el Océano Atlántico; al oeste con la provincia Santiago de Cuba y al sur y el este con el Mar Caribe. La topografía del territorio es en general, compleja. La superficie del terreno presenta pendiente desde 0,005 hasta 0,01. La provincia está dividida en diez (10) municipios, pero sólo se cultiva caña de azúcar en tres (3) de ellos que son: Guantánamo, Manuel Tames y El Salvador, ubicados en el Valle Central y la Cuenca de Guantánamo. (GEOCUBA, 1997), citado por Barrientos (1998)).

2.1.1 Condiciones climáticas.

En la provincia el clima se forma bajo la influencia de los vientos alisios, de dirección noroeste, en el invierno y este noroeste en verano y también por la potente corrientes que bañan ambas costas de Cuba. Según INRH (1989), citado por Cabrera (1992), la radiación solar alcanza valores de 160-170 kcal/cm² al año. Según la UNESCO (1977), citado por Cabrera (1992), el clima en el Valle Central puede considerarse como húmedo en su parte norte (zona premontañosa), sub húmeda entre las cotas 50-20 m y por debajo de 20 m hasta el mar como sub árida. Son diferentes los aspectos que se toman para la caracterización climática de una zona o región, sin embargo las lluvias en las condiciones del área cañera de la provincia Guantánamo constituyen el elemento más importante para su identificación, encontrándose valores desde los 500-1600 mm/año. La temperatura, es elevada y constante durante todo el año, siendo una media de 26-27° C representativa de la región, pudiéndose encontrar valores dentro de los cañaverales de hasta 35° C e incluso de 50° C en los primeros cinco centímetros del suelo. La evapotranspiración oscila entre 2000-2200 mm/año.

Las precipitaciones ocurridas en el último decenio indican que ha existido una disminución progresiva de estas con relación al año 1994 que oscila entre los 100 y 400 mm de diferencia en el año 2000. El comportamiento de las precipitaciones por estación pluviométrica en los dos principales períodos climáticos presentes en el país y su distribución dentro del macizo cañero, indica la existencia de un período seco de noviembre hasta abril con un promedio de 343.59 mm, resultando enero el mes más seco (32.05 mm), mientras que de mayo a octubre se registra el período lluvioso con un 77.62% del volumen anual, ésta distribución se encuentra muy

estrechamente relacionada con las épocas de plantación y cosecha del cultivo de la caña de azúcar.

2.1.2 Generalidades del suelo.

El suelo, tal y como lo conocemos hoy, es el producto de los procesos físicos, químicos y biológicos que han intervenido en su génesis y formación. Estos procesos están gobernados por factores del ambiente, como el clima y la vegetación, que no actúan de forma aislada sino en conjunto, lo que ha motivado que los suelos resultantes de esta interacción sean organismos complejos sujetos a cambios, continuos y que no llegan jamás a alcanzar una condición estática. (Suárez de Castro, 1964).

En investigaciones realizadas por Cuéllar *et al.* (2002). Expresan que los suelos de las áreas con caña de azúcar en Cuba han sido los más estudiados, como consecuencia de la expansión azucarera, refiriéndose a los siguientes autores: Hugh Hammond Bennett y Robert y V Allison, los cuales desarrollaron un profundo estudio publicado en 1928 en el libro **Los suelos de Cuba**. Según éstos investigadores la clasificación utilizada, sobre la base de las series y familias del sistema empleado en Estados Unidos, resultó un significativo aporte mundial al estudio de los suelos tropicales, en nuestro país fue el único trabajo en los 40 años siguientes y muchos de los datos y observaciones, especialmente los relacionados con el manejo agronómico, mantienen vigencia actual. A continuación plantean que a finales de la década de los años 60 se comenzó a introducir conceptos genéticos en el estudio de los suelos Cubanos, en 1968 Liev Lvovich Shisov, asesor del Departamento de Agroquímica y Suelos del Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), de Cuba, propuso la **Clasificación Preliminar de los Suelos Cañeros de Cuba** ésta clasificación se profundizó en las unidades inferiores, lo que le dio un carácter más aplicado. En 1975 se realiza la **II Clasificación Genética de los Suelos en Cuba**, como resultado del trabajo conjunto del Instituto de Suelos (IS) y del INICA, y es aún la versión más conocida y utilizada, debido a que es la empleada en el mapa nacional de suelos a escala 1 :25 000. Comprende 10 Agrupamientos y 28 tipos de suelos.

Más adelante, Hernández, *et al* (1999). Explica que la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Realizada a mediados de los años 80 incluía el agrupamiento agroproductivo de los suelos para el cultivo de la caña de azúcar, para llenar el vacío del poco desarrollo de las categorías inferiores de la clasificación (especie y variedad), más vinculadas con la práctica

agrícola, facilita el trabajo de los agrónomos al manejar un número menor de variantes edafológica y agrupa los suelos con respuestas productivas y manejo similar, independientemente de sus características. Se tomaron así 10 agrupamientos de suelos, aunque en cinco de ellos se concentra 80% de las áreas cañeras. Los agrupamientos de suelos de mayor extensión son: Sialitizados cálcicos, Ferralitizados cálcicos, Vertisuelos, Fersialitizados cálcicos y Ferralitizados cuarcíticos. En la Provincia de Guantánamo el mayor porcentaje de área con caña se encuentra en los suelos Sialitizados cálcicos, los cuales coinciden con la descripción realizada por Cuéllar *et al.* (2002). Donde explica que estos presentan las siguientes características :

- Suelos de topografía ondulada y ligeramente alomada.
- El material de origen más frecuente han sido las areniscas calcáreas y las cortezas margosa.
- El proceso de formación principal ha sido la sialitización .
- La textura oscila desde arcilla franca hasta arcilla media.
- Estructura granular.
- El mineral arcilloso predominante es montmorillonita.
- Drenaje interno favorable, salvo aquellos que marcan la transición hacia los vertisuelos.
- Son de medio a poco profundos, según la erosión e historial agrícola.
- La materia orgánica también es variable, en el entorno de 3 a 6% . Constituye el grupo de más amplia difusión y está presente en más de la mitad de los ingenios del país.

El territorio cañero de la provincia está formado fundamentalmente por suelos calcáreos, de los cuales aproximadamente el 23% están afectados por un elevado contenido de sales, factor importante a tener en cuenta en el manejo de la producción cañera en el territorio. A continuación presentamos la distribución de los agrupamientos, Según GESA- GTMO, (2002). (en la recomendación de Fertilizantes en caña de azúcar en el MINAZ).

Distribución del área por Empresas según los agrupamientos de suelo.

Área (ha)				
Empresas	Sialitizados Cálcicos	Sialitizados no Cálcicos	Aluviales	TOTAL
Argeo Martínez	5299.97	267.76	75.56	56443.30
Manuel Tames	3806.60	-	139.90	3946.50
El Salvador	4981.00	22.60	-	5003..60
Provincia	14087.57	290.36	215.46	14593.4
%	96.5	2	1.5	100

Los suelos Pardos están caracterizados por una evolución sialítica, su edad es relativamente joven, su formación ha estado basada en el proceso de sialitización, fundamentado por la transformación ulterior de las rocas iniciales que se expresan en que la masa de suelo acumula bases alcalinas y alcalino-terreas y parcialmente la sílice y se enriquece con los minerales arcillosos como ilita, motmorillonita, caolinita y otros lo que lleva al aumento del arcillamiento. Este tipo de suelos con alta fertilidad y potencial productivo, en el área cañera de la provincia Guantánamo, ocupa el 85% de sus áreas. Los suelos Aluviales representan también un porcentaje importante del área, se caracterizan por una acumulación de sales solubles totales 0.5-1.0% en todo el perfil, o en algunos de sus horizontes, así como pueden tener a la vez alto contenido de Na^+ (>10%) en el complejo de intercambio. La presencia de suelos salinos y/o salinizados (con diferentes grados de salinización) está determinado por el conjunto de condiciones climatológicas, hidrogeológicas y geomorfológicas características de las llanuras marinas, así como por su manejo actual, las cuales posibilitan que los cuatro grandes componentes del suelo entren en las proporciones siguientes: mineral 45%, materia orgánica 5%, un 25% de agua y el 25% restante de aire, con la humedad óptima para el desarrollo de las plantas, (Pastor, 1980).

2.1.3 Factores edáficos limitantes.

Dentro de los factores limitantes que más afectan en cultivo de la caña de azúcar se encuentran:

- **Consistencia y compactación:** está relacionada con la disminución de su porosidad y es una de la causa fundamental de la caída de los rendimientos agrícolas.

- **Salinidad y sodicidad:** acumulación de sales solubles en el perfil del suelo formado fundamentalmente por la actividad del hombre por el empleo de riego con agua de baja calidad y regar sin soluciones adecuadas al drenaje. La segunda causa más general la provoca la elevación del manto freático con altos contenidos de sales, éstos son los casos del Valle de Guantánamo y la cuenca del Cauto.
- **Hidromorfía:** está relacionada con las condiciones diferentes de drenaje, principalmente en paisajes llanos o forma de relieve cóncavo, afectando los componentes del sistema suelo-planta. Afecta desde hábito de los organismos vivos hasta la transformación de los minerales y compuestos químicos, debido a que el agua satura el perfil del suelo por la elevación del manto freático. Aunque la caña de azúcar se considera un cultivo tolerante al anegamiento esto provoca mermas considerables en la producción agrícola.
- **Erosión:** causan pérdidas irreparables en períodos de tiempo muy cortos. En Cuba la mayor parte de los suelos están afectados por el flagelo de la erosión en un mayor o menor grado, provocando el empobrecimiento paulatino de los suelos al arrastrar las partículas más finas, materia orgánica y nutrientes.
- **Exceso de carbonatos:** puede provocar clorosis férrica debido a que ocurre antagonismo con el hierro, lo que se acentúa en condiciones de bajas temperaturas y falta de humedad, por lo que es frecuente que ocurra en los retoños después del corte. Se relaciona con la erosión y al fertilizar debe considerarse el exceso de carbonato como un factor para elegir los portadores. (García, 2000)
- **Pedregosidad:** según Ponce *et al.*, (1998). Las acumulaciones de gravas, piedras y fragmentos de rocas en la superficie del suelo o horizonte arable, éstas limitan el volumen de suelo que exploran las raíces e impiden las labores mecánicas de preparación, cultivo y cosecha, elevando los costos de producción. No obstante, a pesar de estas dificultades, muchos agricultores, bajo estas condiciones, producen caña de azúcar con rendimientos elevados y rentabilidad satisfactoria.
- **Profundidad efectiva:** es la profundidad a la que las raíces pueden llegar sin encontrar barreras físicas o químicas. refiriéndose al cultivo de la caña expresan, que del total de los suelos dedicado a este cultivo cerca del 70% son no aptas, debido a la poca profundidad de la capa arable (menos de 19 cm). Los suelos poco profundos no sólo se asocian a condiciones

de relieve alomado, generalmente están acompañados por procesos erosivos o desarrollados sobre rocas no calcáreas. En condiciones de Cuba, se ha observado que cuando la profundidad es menor de 20 cm hay una brusca caída de los rendimientos y cuando el espesor del suelo se reduce a 10 cm, la producción cae hasta 70%. A partir de 60 cm los rendimientos son tan mínimos que las recomendaciones deben estar en función de eliminar o atenuar el efecto causante de su disminución.

Al respecto Aragón, (2001) planteó que todos los factores que influyen en un cultivo también afectan en mayor o menor medida el grado de aprovechamiento óptimo de los nutrimentos, de manera que el estudio de estos factores es de primordial importancia en el manejo de los cultivos y la aplicación de los fertilizantes químicos para no provocar problemas de contaminación superficial o subterránea.

En el caso específico del macizo cañero de la provincia de Guantánamo, los principales factores edáficos limitativos que afectan con mayor incidencia el cultivo, están muy vinculados con: procesos erosivos, drenaje, mecanización y labores agrotécnicas, entre otros. Además se presentan los aspectos topográficos con predominio de áreas alomadas y onduladas (aproximadamente el 63%), estando en correspondencia con la cifra aproximada de área cañera total erosionada en diferentes magnitudes, ocupando un 59%. Debe expresarse que la topografía en sentido general va paralela al principal macizo montañoso situado al Norte del área cañera.

Lo contrario sucede con las zonas llanas, a veces de presiónales, donde los aspectos del mal drenaje y salinización constituyen los factores mas limitativos. Esta categoría se ubica casi exclusivamente en la Empresa de Manuel Tames en la localidad de Paraguay, ocupando el 23% del total del área cañera.

La diseminación del cultivo de la caña de azúcar a través de todo el país conduce a su plantación en variados tipos de suelos, condiciones de relieve y regiones climáticas, por lo que es afectado por diversos factores, tanto naturales como inducidos por el hombre (Cuéllar *et al.*, 2002).

2.1.4 Factores bióticos.

Según García y Fernández (2000); Cuéllar (2002). Los factores bióticos son muy variados, de una u otra forma se relacionan con la nutrición de la caña de azúcar. Por la magnitud en que

influyen se mencionarán los relacionados con la vida microbiana del suelo, (asociaciones microbianas) y con el efecto de la competencia de las vegetación espontánea.

Los microorganismos presente en la rizosfera pueden estimular o inhibir el crecimiento de las raíces y de la planta completa. La inhibición en el crecimiento de las raíces está vinculado a la inmovilización de nutrientes y presencia de algunas sustancias nocivas. En dependencia del tipo de microorganismo y las condiciones en que se desarrollan. La inhibición en el crecimiento de las raíces se debe fundamentalmente a la inmovilización de nutrimentos y a la producción de algunas sustancias nocivas. Por el contrario, la estimulación del crecimiento del sistema radical es atribuida a la producción de sustancias estimulantes del crecimiento, movilización de nutrimentos minerales, así como la fijación de N atmosférico. También los microorganismos son causantes del aumento de la disponibilidad de potasio, calcio, fósforo, azufre, hierro y otros elementos obtenidos a partir de la mineralización de la materia orgánica y la oxidación o reducción de los compuestos inorgánicos.

Son muchos los procesos que tienen que ver con la liberación o inmovilización de nutrimentos los cuales dependen de la actividad de los microorganismos, de ahí la necesidad de mantener las condiciones del suelo y pH adecuado que propicien su desarrollo.

Se ha observado que en campos donde se ha dejado competir libremente a las malezas con el cultivo, la reducción en la cosecha ha superado el 60%.

Según García y Fernández (2000). Con las malezas hay menor aprovechamiento de los fertilizantes y que las malezas están mejor capacitadas para absorber los nutrimentos principales (nitrógeno, fósforo y potasio) que el cultivo, por lo que en muchos casos estas plantas aprovechan más del 50%. En el aprovechamiento de los fertilizantes inciden factores, que dependen en gran medida del hombre, como las prácticas de manejo del suelo, las labores culturales complementarias, métodos y momentos de aplicar los fertilizantes y las fuentes empleadas. El desconocimiento u omisión de estos factores, provoca pérdidas por diferentes vías, en ocasiones se plantea, que pueden llegar al 50% del nitrógeno, hasta el 80% del fósforo y el 60% del potasio.

2.1.5 Algunos aspectos sobre la evaluación de la aptitud física de los suelos.

La evaluación de la aptitud física de los suelos es el proceso de evaluación de la explotación de las tierras, cuando se utiliza para finalidades específicas, con el propósito de identificar y

proceder a una comparación de las clases más prometedoras de uso de ésta en términos aplicables, priorizando la protección del Medio-Ambiente, el Suelo, la Flora y la Fauna objetivos de la evaluación. FAO (1985).

Los elementos metodológicos y prácticos de la evaluación de la aptitud de física de los suelos, base para la toma de decisiones, la diversificación y el manejo de elementos espaciales (geográficos) que permite una visión más completa de los escenarios de la evaluación. El manejo sostenible de las tierras puede considerarse entonces como una combinación de tecnologías, políticas y actividades en la cual se consideran tanto principios económico-sociales como razones ambientales de forma simultánea lo cual, sin duda, genera conflictos, la solución de estos conflictos está por lo tanto en el planeamiento y manejo integral del recurso (Balmaseda *et al* , 2000).

Mesa *et al* (1984). Explicó que la evaluación de las tierras en Cuba ha tenido su más claro desarrollo en los trabajos realizados por el Centro Nacional de Suelos y Fertilizantes del Ministerio de la Agricultura. El propio autor expone sus resultados más relevantes en la agricultura no cañera, por ejemplo en cítricos en 1975. De igual forma le dedicó un espacio al cultivo de la caña de azúcar en los años 1978–1984, con los trabajos desarrollados entre 1978 y 1979 llevó a cabo el primer cálculo de los rendimientos potenciales de todas las empresas cañeras del país.

Según Cervera ,G. *et al* (2001), La Provincia contaba con una superficie total de 43 558.44 ha, de las cuales se evaluaron 29 285.80 ha, resultando 25 194.8 aptas para la caña de azúcar, en sus diferentes categorías, y 4 091.5 resultan no aptas para este cultivo. Siendo Manuel Tames la Empresa que posee mayor cantidad de áreas no aptas. El estudio permitió establecer un programa de explotación de las tierras dedicados al cultivo de la caña de azúcar, que responde a la necesidad que presenta el MINAZ de conocer la aptitud física y económica de su fondo de tierras con el objetivo de realizar un uso correcto de los mismos. Como resultado del reordenamiento de la estructura empresarial (Tarea “Álvaro Reynoso”) quedan dedicada a la producción de caña 14 593.4 ha.

2.2 Efectos de los factores climáticos en el aprovechamiento de los fertilizantes.

Dentro de los factores climáticos que guardan alguna relación con el aprovechamiento de los fertilizantes, se encuentran las lluvias, las temperaturas y la radiación solar.

En trabajos realizados en Cuba (INICA, 1979), citado por Cabrera (1999) han mostrado que a bajos niveles de lluvia corresponden mayor necesidad de N, hasta un límite. Cuando la lluvia

excedió los 1000 mm se necesita una dosis menor. Un nivel de precipitación anual de 1200 mm se considera óptimo y con precipitaciones de 1600 mm en lo adelante el efecto de la aplicación de N sobre la producción prácticamente es nulo, lo que podría explicarse por una mayor disponibilidad del N en la medida que se incrementa la humedad del suelo.

Tanto las condiciones de exceso de humedad como de sequedad afectan el desarrollo de las raíces y sus funciones. Estas causas provocan alteraciones de las propiedades físicas y biológicas del medio en que se desarrollan las raíces y por tanto los procesos mediante los cuales las plantas toman los nutrimentos del suelo.

En el caso particular del nitrógeno se plantea que con humedad óptima en el suelo, será mejor la utilización del elemento y se necesitará menos fertilizante nitrogenado para producir una tonelada de caña. Por otra parte, bajo condiciones adecuadas de humedad, las plantas producen más y su consumo de N aumenta. Se ha demostrado que a bajos niveles de lluvia es necesario incrementar las dosis y que cuando llueve mucho, prácticamente no es necesario aplicar N.

Dentro de otros factores climáticos la temperatura es uno de los más difíciles de controlar, éstas cuando son muy altas conducen a un insuficiente suministro de carbohidratos a las raíces, las bajas, reducen su actividad y por tanto su desarrollo, así como una disminución de la absorción de agua y nutrimentos debido a variaciones de la absorción de agua y de la disponibilidad.

Con respecto a las aplicaciones de nitrógeno, se conoce que cuando se aplican fuentes como amoníaco anhidro o urea en condiciones de altas temperaturas, ocurren importantes pérdidas por volatilización que se acentúan, si hay poca humedad para el amoníaco o excesiva para la urea.

Los mecanismos relacionados con el aprovechamiento de los nutrimentos tienen una estrecha relación con la radiación solar, ya que influye directamente en la fotosíntesis.

En el caso de la caña de azúcar, que pertenece al grupo de plantas llamadas C-4, por tener un ciclo adicional que hace más eficiente el aprovechamiento de la energía luminosa, cuando se produce una disminución en la cantidad y calidad de luz disponible, hay menor eficiencia en el aprovechamiento de elementos como el nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio, molibdeno, manganeso, hierro, boro y zinc.

2.2.1 Influencia de las labores de cultivos en caña de azúcar.

Ruiz *et al.*, (1999) plantean que los elementos del entorno o del perfil de alguna forma constituyen obstáculos a las labores culturales y afectan los rendimientos agrícolas. El cultivo de la caña de azúcar, al igual que el resto de las plantas cultivadas entregan altas producciones bajo un esmerado trabajo agrotécnico, organizado y sistemático. Una vez plantada la caña es necesario realizar toda una serie de labores que permitan lograr que la plantación brinde una cosecha económica y con altos rendimientos.

King *et al.* (1968), expresa que el cultivo de la caña de azúcar controla el crecimiento de las malezas y mantiene el surco de plantación abierto hasta que el ahijamiento de la caña este bien avanzado.

Según el INICA, (1995), los objetivos generales perseguidos con las labores de cultivos son: control de las malezas, facilitar la percolación del agua, el desarrollo del sistema radical, la aireación y una relación adecuada entre ellos, asegurando un ahijamiento temprano y profundo, así como otros beneficios. Entre las más importantes labores que se le realizan al cultivo tenemos: aporque, control de malezas, fertilización, riego, atención a las guardarrayas y desorillos, poda de cepas, etc.

Del Toro (1985), refiriéndose a las labores de cultivo explica que éstas persiguen varias finalidades entre las que se encuentran las siguientes: se evita la competencia por la luz que la vegetación indeseable establece con la planta de caña de azúcar y así conservamos la humedad y nutrición para la planta, incremento de la aireación la cual favorece la nitrificación, mantener la superficie del suelo en condiciones mullidas, mejorar la sustentación de la planta, controlar el ahijamiento cuando se ha alcanzado la norma de campo, favorece la rápida infiltración del agua en el suelo, promover el ahijamiento en la etapa temprana, así como el desarrollo de las raíces, romper la capa endurecida que limita el desarrollo de la planta. La frecuencia y profundidad de las labores de cultivo varían con las características del suelo, la humedad y las exigencias de la planta. Por otra parte por Barrientos, (1998), en tesis de maestría, expresó que es necesario complementar con conocimientos y técnicas de avanzadas, los aspectos positivos de la agricultura tradicional, el uso continuado de la mecanización y el riego, entres otros que provocan la compactación del suelo y favorecen los procesos degradantes del mismo. Este es un problema común dedicados a la caña de azúcar en Cuba, particularmente en los ferralíticos Rojos y en los Vertisuelos. Para disminuir los efectos degradantes del laboreo, la ciencia agrícola y la práctica

social han ido desarrollando métodos cada día más favorables y menos costoso, basados fundamentalmente en el conocimiento del suelo y su vinculación con las exigencias fitotécnicas de los cultivos. La labranza tradicional con inversión del prisma y grandes plazos para la meteorización ha cedido el paso a labranzas menos complejas, sin inversión del prisma, para no alterar la actividad microbiana y disminuir la oxidación de la materia orgánica.

Al respecto Santana *et al.* (1999) expresó que estas observaciones han interesado a investigadores y especialistas y desde la década del 80 se desarrollan e introducen nuevos criterios de labranza en los suelos cañeros, partiendo no solo de la intención de reducir el número de pases, sino de aportar nuevos aperos adaptados a los principios de labranza mínima, para ellos es necesario conocer cuales son las opciones tecnológicas para encausar la agricultura por una senda más adecuada y sentar la base para un desarrollo agrícola sostenible a largo plazo y para esto es preciso conocer el manejo integral del suelo, atendiendo a la condiciones Físico, Químico y Biológica.

2.3 Generalidades sobre la nutrición de la caña de azúcar.

Martín *et al.* (1987). Plantea que uno de los factores externos que influyen en el crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar y que más fácilmente puede ser controlado por el hombre, es el que está relacionado con el suministro de agua y fertilizantes, pues así, se puede eliminar una de las deficiencias naturales en el desarrollo del cultivo: el abastecimiento adecuado de nutrientes por el suelo. La práctica de la fertilización es un complicado proceso que implica serios estudios para determinar la mejor forma y dosis de aplicación de nutrientes en función de las condiciones ecológicas de cada región.

Reynoso, (1954). Expresó “El máximo de los abonos completos constituye tan sólo una de las partes del sistema general de mejoras agrícolas, y semejante beneficio no puede ser aprovechado con perfección si no coexisten otras circunstancias favorables a la vegetación.”

Según León y Villegas (2002). Los criterios para el uso y manejo de los fertilizantes aparecieron por primera vez en Cuba en forma de metodología en 1976, como resultado de los esfuerzos del Ministerio de la Agricultura con asesoría de la desaparecida Unión Soviética, a partir de resultados obtenidos por el INICA y otros centros de investigaciones y universidades. Las experiencias derivadas de su aplicación permitieron en 1980 el perfeccionamiento de la misma, versión que utilizó el Ministerio del Azúcar para establecer los requerimientos de fertilizantes

minerales para la caña de azúcar en Cuba. Ya en el año 1986, integrando experiencias alcanzadas en la práctica y generalizando resultados obtenidos durante la segunda mitad de la década de los 70 por el INICA (con más del 95% de los resultados investigativos cañeros del país) y otros centros de investigación, se elaboró una nueva metodología, revisada y perfeccionada siete años más tarde, siempre sobre la base del desarrollo de los conocimientos y experiencias alcanzados.

Este constante perfeccionamiento del sistema nacional de recomendaciones ha permitido precisar, en el uso de los conocimientos prevalecientes en cada momento, las dosis a aplicar, y eso ha sido posible gracias a la red de experimentos establecidos, la que abarca variados agroecosistemas cañeros del país. Muchos de los experimentos de esta red han aumentado extraordinariamente su valor con el tiempo transcurrido desde que fueron plantados, estando algunos muy próximos al cuarto de siglo, por lo que constituyen un valioso patrimonio de la investigación agrícola del país y del mundo tropical. El “*Bureau of Sugar Experiment Stations*” de Australia, institución que brinda asesoría técnica a los productores cañeros, dedica gran atención a los experimentos de larga duración, así la “*Mackay Sugar Experiment Station*” conduce experimentos que ya tienen 30 años, como los citados por Chapman (1995), en los que se sigue el efecto del fertilizante sobre el rendimiento de la caña y las variables seleccionadas de suelo. Es necesario contar con la estructura y medios necesarios para atender y preservar la red experimental, ya que de interrumpirse ocasionaría pérdidas irreparables en el campo de las investigaciones cañeras.

A partir de 1990 se ha realizado un esfuerzo encaminado a la creación de una base de datos contentiva de toda la información de la Red Experimental del INICA, almacenada en soporte magnético, lo que propicia su rápido análisis y manejo eficiente, con el objetivo de rectificar los criterios de manejo y aplicación de los fertilizantes en caña de azúcar.

Recientemente se han realizado trabajos con vistas a aplicar sistemas con Criterios de Expertos y Técnicas Soportes de Decisiones (SSD) en la aplicación de fertilizantes, como fue el realizado por Hernández (1995), en suelo Ferralítico Cuarácico de Sancti Spíritus.

Especial atención han tenido los modelos para la predicción de la respuesta productiva de los fertilizantes (Bock y Sikova, 1990); (James *et al*, 1991); (Johnson, 1991) ya que estos permiten obtener el rendimiento máximo posible, los gastos máximos adicionales por concepto de fertilizantes, la respuesta productiva a la aplicación de fertilizante, la calibración de las dosis para cada sitio y otras variables útiles para la toma de decisiones. Los modelos en general se componen de varios submodelos, que generalmente se ajustan a partir de datos experimentales,

tomados en diferentes puntos en espacio y tiempo; extrapolados a otros sitios, permiten hacer predicciones a partir de la interpolación, teniendo en cuenta el clima y los niveles de manejo (Olson *et al.*, 1990; Nye, 1992).

Según García y Fernández (2000). La caña de azúcar, cultivo con una alta capacidad de producción de materia verde por área, al igual que la mayoría de las plantas cultivadas, necesitan al menos de 16 elementos químicos esenciales, denominados macro y microelementos, que participan directamente y son indispensables para el normal desarrollo de las plantas. Los valores de extracción de nutrimentos pueden variar, los cuales dependen de varios factores relacionados con el suelo: las cepas, variedades, etc. Cada uno de los elementos consumidos por la caña de azúcar tiene funciones esenciales y específicas en el metabolismo vegetal. Dentro de ese grupo de los macroelementos se distinguen: el nitrógeno, fósforo y potasio por la magnitud en que la planta los utiliza. Cuando alguno de esos elementos está deficiente aparecen síntomas característicos, esto puede ocurrir cuando se encuentran en exceso, cada uno constituyen compuestos como : la proteínas, ácidos nucleicos y otras estructuras orgánicas indispensables en el metabolismo, los cuales tienen gran influencia en la producción cañera.

2.3.1 Fertilización nitrogenada y sus efectos sobre la caña de azúcar.

El nitrógeno es una parte constituyente de un gran número de compuestos orgánicos en la planta. Su importancia fisiológica está unida a la presencia como componente obligatorio de todas las sustancias proteicas, las que intervienen en los procesos de crecimiento y multiplicación de los organismos vivos.

Los efectos del N sobre la caña de azúcar, pueden dividirse en dos grupos principales:

- El primero comprende su acción sobre los rendimientos agrícolas, expresado en el aumento de la población de tallos (aspecto beneficioso) y el segundo sobre la acción en la calidad de los jugos (aspecto dañino).
- El primer grupo es afectado por la deficiencia de N, mientras que el segundo por los excesos.

El efecto del N es diferenciado según el tipo de cepa (Pérez, 1999). En la caña planta la fertilización nitrogenada, la mayoría de las veces no paga el costo de los fertilizantes empleado. Sólo bajo condiciones de suelo con hidromorfia o compactación muy severas y en el caso de

suelos muy pobres, como los Ferralitizados cuarcíticos, existe respuesta ante las aplicaciones de este elemento. En estos casos se dificulta el uso del N disponible en el suelo, siendo necesario aplicarlo adicionalmente como fertilizante.

Los tres primeros retoños requieren de nitrógeno, pero en menores cantidades para rendimientos similares que el resto de las cepas.

Se ha comprobado que la caña de azúcar no muestra preferencia en su nutrición por alguna fuente de N, considerándose que cualquiera es adecuada, siempre que se incorpore en el suelo como se ha descrito.

Las más usadas en Cuba, son el nitrato de amonio, la urea y el amoniaco anhidro, mostrando todas similar efectividad.

Los estudios realizados en Cuba por el INICA, donde se fraccionaron dosis de N en diferentes tipos de suelos y cepas, mostraron que el fraccionamiento no aumentó la efectividad del fertilizante nitrogenado, al contrario se afectó desfavorablemente la calidad del jugo con las aplicaciones tardías.

Está claro entonces que las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados deben realizarse en la caña planta, solamente cuando vaya a utilizarse para semilla, o exista hidromorfia o compactación en el momento de la plantación.

En el caso de los retoños es conveniente la aplicación en los tres primeros meses de cosechado el campo. El número de hijos por plantón, uno de los factores determinantes de la producción obtenida en la caña de azúcar, se incrementa notablemente con la aplicación de fertilizantes nitrogenados en esta etapa, observándose un incremento proporcional de los hijos en función de la dosis de N aplicado, lo que corrobora la necesidad de la caña de disponer de este nutrimento lo más inmediatamente posible después del corte, que ayudan al cultivo, no sólo a incrementar la biomasa, sino a la lucha contra las malas hierbas, al propiciarle también un cierre más temprano de campo. Las aplicaciones tardías provocan que la fase de maduración no se manifieste, sino que continúe el crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar, ocasionando bajos rendimientos azucareros a la hora de la cosecha. Por tanto la fertilización debe realizarse en el momento de la plantación y en los retoños, tras el corte. Cabrera et al. (1999).

2.3.2 Criterios para recomendar las dosis de nitrógeno

El análisis químico de las muestras de suelo no resulta de utilidad para diagnosticar las necesidades nutrimentales de N por el cultivo. Estudios realizados han mostrado que las necesidades de este elemento por la caña de azúcar están asociadas a factores tales como cepa, rendimiento esperado con la fertilización y características del suelo (como la hidromorfía, la compactación, etc.). Considerando los resultados de más de 1200 cosechas de experimentos de campo en distintas condiciones de suelo, clima, cultivo y cepa, se elabora la recomendación de dosis de nitrógeno. (INICA, 1999).

2.3.3 Efectos del fósforo sobre la caña de azúcar

La caña de azúcar es una planta que posee alta capacidad de absorber fósforo de soluciones diluidas. La necesidad de fertilizantes fosfóricos para este cultivo es baja, raramente supera los 0.4 – 0.6 kg de P_2O_5 por toneladas de tallos, en dependencia de la capacidad de fijación de este nutrimento por el suelo.

En las condiciones de Cuba se ha determinado que los suelos más necesitados de fertilizantes fosfóricos son aquellos cuyo contenido de fósforo asimilable, extraído con ácido sulfúrico 0.1 N (Oniani) es igual o menor a 3.2 mg de P_2O_5 asimilables por cada 100 g de suelo.

Según Van Dillewijn (1975), el fósforo ejerce un efecto decisivo sobre el crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar, por su importancia en aspectos tales como la brotación y desarrollo radical, el crecimiento, el ahijamiento y la población de tallos molibles. Participa en el proceso de intercambio de energía y forma parte de distintos compuestos de importancia para el metabolismo de las plantas.

El fósforo se encuentra donde la actividad fisiológica es mayor y aunque no es consumido en grandes cantidades como el N y el K, su abastecimiento adecuado es esencial para obtener óptimas cosechas.

El fósforo requerido debe aplicarse al momento de la plantación o lo más inmediatamente posible después del corte; a unos 10-15 cm de profundidad, donde se encuentra la mayor cantidad de raíces ya que este elemento es muy poco móvil en el suelo.

En suelos ácidos cultivados con caña de azúcar, además de superfosfato sencillo o de superfosfato triple, puede utilizarse roca fosfórica o caliza fosfatada ya que este material sirve como enmienda y fuente de liberación lenta del fósforo.

2.3.4 Criterios para recomendar las dosis de fósforo

Para estimar la cantidad de fósforo a aplicar se tiene en cuenta el contenido de las formas asimilables de este nutrimento en el suelo.

Según García, et al., (2000). El INICA en 1998 resumiendo los resultados de más de 500 cosechas, estableció relaciones entre los contenidos del elemento asimilable en el suelo y las dosis a aplicar, se basa en:

- Categorías (Muy alta, Alta, Media y Baja).
- Intervalos de P_2O_5 asimilable (mg/100g).

2.3.5 Efectos del potasio sobre la caña de azúcar

El K es requerido en la formación de la estructura celular, asimilación de carbono, fotosíntesis, síntesis de proteínas, formación de almidones, traslocación de azúcares, uso eficiente del agua, desarrollo normal de la raíz y otras funciones.

Es el elemento que extrae en mayores cantidades la caña de azúcar. La demanda de este nutrimento puede alcanzar valores superiores a 2 kg de K_2O /t de caña, aunque debe encontrarse en el entorno de 1.8. Un exceso en las aplicaciones de potasio daría lugar al denominado “consumo de lujo”, lo que constituye un mecanismo propio de la caña de azúcar por el cual, en presencia de abundante potasio, se extrae este elemento en demasía, aunque fisiológicamente no se necesite.

Las plantas poseen una gran selectividad para la absorción de K, lo que da lugar a una alta presión osmótica en las células. La caña de azúcar bien nutrida con este elemento tiene un poder mayor para tomar agua y conservarla. En la formación de carbohidratos, el K es imprescindible para la actividad de las enzimas que catalizan ciertas reacciones que determinan su metabolismo.

La respuesta de la caña de azúcar a la fertilización potásica en los suelos que presentan insuficiencia es marcada, pues la falta de este elemento, además de afectar desfavorablemente el

rendimiento agrícola provoca una reducción en el porcentaje de sacarosa. Además la maduración se retarda cuando el elemento es insuficiente.

Las aplicaciones de K deben realizarse en el fondo del surco en la cepa de planta y enterrado a unos 10-15 cm de profundidad, cerca del sistema radical en los retoños, lo más inmediatamente posible después del corte. Las aplicaciones tempranas de K son necesarias ya que este elemento es absorbido en los primeros meses de vida para ser utilizados en los procesos de brotación, ahijamiento, producción de carbohidratos, etc.

La principal fuente de fertilizantes potásicos empleados en Cuba para la caña de azúcar es el cloruro de potasio con 60% de K_2O .

2.3.6 Criterios para recomendar dosis de potasio

Los criterios empleados en la actualidad para determinar las necesidades de K a aplicar en el cultivo de la caña de azúcar en Cuba son esencialmente: las formas asimilables del elemento en los primeros 30 cm del suelo extraído con H_2SO_4 0.1 N (Oniani), la cepa. y el rendimiento esperado. Partiendo de los resultados obtenidos por el INICA en más de 390 cosechas efectuadas, utilizando dos Agrupamientos Productivos de suelos.

Grupo I.- Ferralitizados cálcicos – Ferralitizados cuarcíticos – Gleyzados ferralitizados.

Cuando los contenidos de potasio asimilable correspondan con las categorías “Medio”, “Alto”, o “Muy Alto”, las cepas de tercer retoño en adelante se fertilizarán utilizando las dosis correspondientes a la categoría “Bajo” (>7.9 a <10.9 mg de K_2O asimilable por 100 g de suelos).

Grupo II.- Sialitizados cálcicos – Vertisuelos – Fersialitizados cálcicos– Gleyzados sialitizados plásticos – Sialitizados no cálcicos - Aluviales.

Cuando los contenidos de potasio asimilable correspondan con las categorías “Medio”, “Alto”, o “Muy Alto”, las cepas de quinto retoño en adelante se fertilizarán utilizando las dosis correspondientes a la categoría “Bajo” (>6.2 a <8.8 mg de K_2O asimilable por 100 g de suelos).

La acidez determinada por el pH, se conoce como “acidez actual” y está presente en la solución del suelo. Existe otro tipo que es la “potencial” que es aquella que se encuentra intercambiable en el complejo de cambio del suelo y está determinada por la presencia de iones hidrógeno y aluminio, que sí pueden afectar el normal desarrollo de las plantas.

En Cuba se emplea el método Oniani, el cual ha brindado resultados satisfactorios para la mayoría de los suelos tanto carbonatados como no carbonatados. Consiste en tratar al suelo con una solución de ácido sulfúrico de concentración conocida (0.1 N) y posterior lectura de fósforo por métodos fotolorimétricos y el potasio por fotometría de llama. Los valores obtenidos constituyen criterios a tener en cuenta para recomendar las dosis a aplicar de ambos elementos.

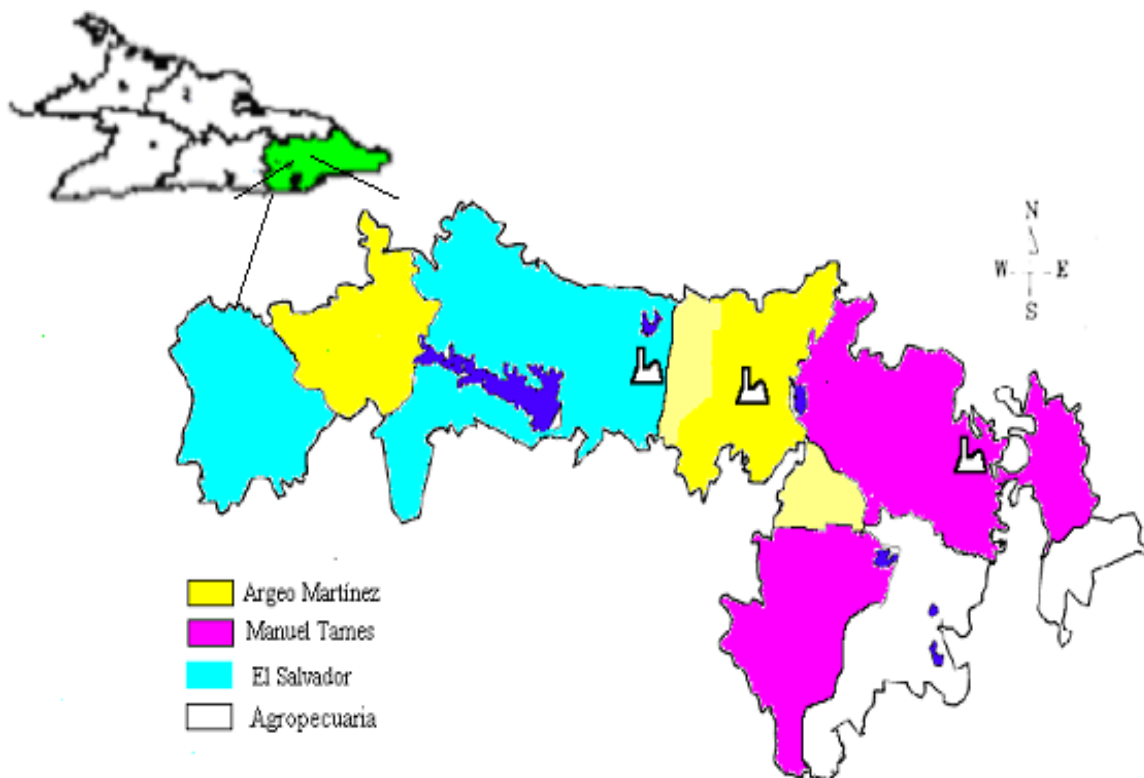
III. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se inició en 1998 en los seis Complejos Agroindustriales de la Provincia de Guantánamo. Territorio que actualmente está redimensionado (Tarea “Álvaro Reynoso”) estructura que comprende tres Empresas azucareras con 26 Unidad Básica de Producción Agropecuaria (UBPC), 4 Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA) y 8 Cooperativas de Crédito y Servicio (CCS), distribuidas por Empresas como sigue:

3.1 Distribución de las áreas beneficiadas con el servicio por empresas.

Empresas Azucareras	Áreas (ha)	% del Área Total
Argeo Martínez	5643.3	38.7
Manuel Tames	3946.5	27.0
El Salvador	5003.6	34.3
Provincia	14593.4	100

3.2 Ubicación de los centrales azucareros de la Provincia de Guantánamo.



3.3 Procedimientos y montaje de los experimentos

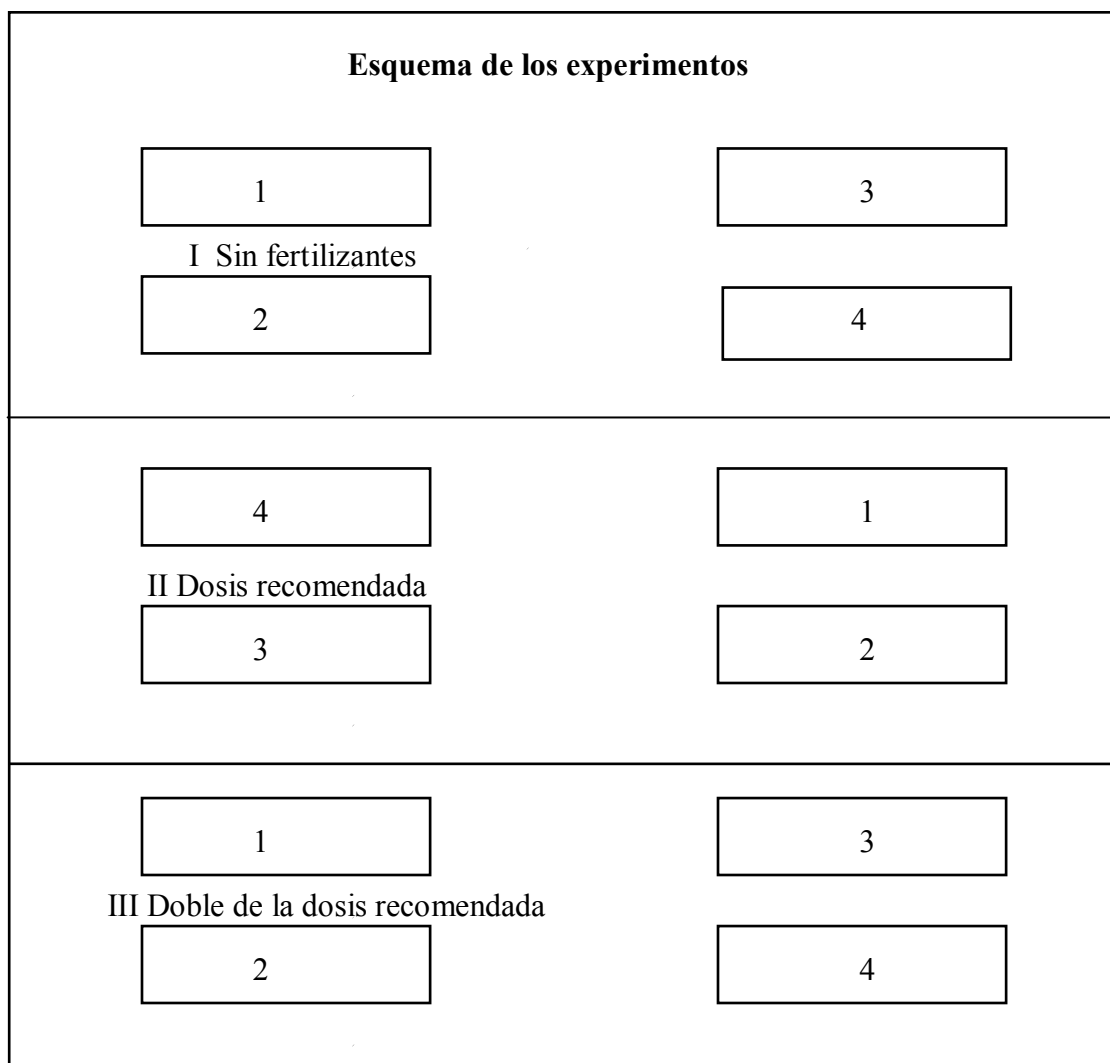
Se realizó un estudio general del comportamiento de la aplicación de fertilizantes (NPK) en los últimos cinco años en el MINAZ de Guantánamo para la aplicación del SERFE como innovación tecnológica, concepto unificador de las experiencias locales y nacionales en el uso y manejo de los fertilizantes con criterios y fundamentos sólidos en el uso de los productos, el cual agrupa un conjunto de actividades básicas (trabajo analítico, sistemas de cómputo, bases de datos y registros históricos) utilizando un Sistema Automatizado (SARFE), los algoritmos de éste conducen a la dosificación exacta de los fertilizantes, definiendo al campo como unidad referencial de trabajo. Los materiales utilizados en las actividades de campo fueron: lápiz, libreta, regla, cinta métrica, calculadora, pie de rey, barrena agroquímica, bolso de nylon, saco, soga y machete.

Los experimentos fueron montados en diferentes localidades de la provincia, en suelos correspondientes al Agrupamiento Productivo "Sialtizados Cálculos". El diseño experimental utilizado fue de bloque al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones según Lerch, (1987).

Tratamientos:

- I- Sin fertilizantes
- II- Dosis recomendada por el sistema
- III- Doble de la dosis recomendada

Las parcelas evaluadas contaron con 6 surcos de 1.6 metros de distancia de camellón y 10 metros de longitud para un total de 16 m² por parcela. Las dosis empleadas estuvieron en correspondencia con el déficit del elemento en el suelo y necesidad del cultivo del cultivo.



Se realizaron muestreos de suelos para el análisis agroquímico previo al montaje de los experimentos con el objetivo de determinar el fósforo, potasio asimilable y pH en agua.

Las actividades de preparación de suelos se llevaron a cabo por el sistema tradicional (MINAZ, 1990). La fertilización de los tratamientos se realizó con la fertilizadora F-350, tractor MTZ-80, con previa calibración que permitieron establecer las dosis de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, a una profundidad entre 8-10 cm, en cepas de retoño inmediatamente después del corte. Las restantes labores de cultivo fueron realizadas según la Agrotecnia establecida para las restantes áreas.

A los 12 meses de edad fueron cosechadas y evaluadas las siguientes variables de rendimiento agrícola: número de tallos por hectárea, longitud y diámetro de los tallos según metodología (INICA, 1999), con la participación directa de los productores.

Todos los datos fueron sometidos a un análisis de varianza basado en un modelo matemático de clasificación simple y la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey en los casos que hubo diferencia significativa al 5 y 1% de probabilidad de error, también se determinó la efectividad económica de acuerdo a lo establecido por el (INICA, 2000) para evaluar los lotes controles.

3.3.1 Valoración del impacto del SERFE en el uso y manejo de los fertilizantes.

Para valorar el impacto de la aplicación de fertilizantes mediante el servicio se realizaron 95 encuestas a las unidades de producción cañera, esto permitió comprobar el dominio, manejo y calidad de aplicación de los fertilizantes, muestreo de suelos y almacenamiento de los portadores. Las visitas se realizaron con la participación de los especialistas del Grupo de Servicio y Extensión Agrícola (GESA), con previa coordinación y participación del personal especializado de las empresas y técnicos de las unidades de producción. Para la realización de las encuestas se utilizó una guía de los aspectos a encuestar ver anexo # 1.

IV- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Comportamiento de las variables fenológicas y de rendimiento

En la figura 1. Se muestra el resultado de la longitud promedio de los tallos por tratamiento, obtenido en siete experimentos, evaluadas en cinco años de estudios en diferentes localidades, observándose los mejores resultados con empleó la dosis de fertilizantes recomendada por el SERFE (63.08 kg/ha de N, 36.80 kg/ha de P_2O_5 y 88.49 kg/ha de K_2O), disminuyendo la altura en la doble dosis (126.20 kg/ha de N, 73.60 kg/ha de P_2O_5 y 176.00 kg/ha de K_2O), mostrándose menor en el testigo sin fertilizantes, reflejándose la ventaja del sistema, resultado que se corrobora con lo reportado por García *et al.* (2000) en más de 500 cosechas de experimentos los cuales permitieron establecer las relaciones entre los contenidos del elemento asimilable en el suelo y la dosis a aplicar. Además coincide Van Dillewijn 1975, citado por INICA (1999) quien reportó que el fósforo ejerce un efecto decisivo en el crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar: la brotación, desarrollo radical, elongación de los tallos, ahijamiento y cantidad de tallos molibles, por su participación en el proceso de intercambio de energía y forma parte de distintos compuestos de importancia para el metabolismo de las plantas. De este propio elemento Villegas, (1981, 1986) reporta la eficiencia de la fertilización Fosfórica en caña de azúcar que está relacionada con el contenido inicial del fósforo en el suelo y la capacidad de absorción por las plantas influyendo en el crecimiento de los tallos.

En la figura 2. Se observa el comportamiento del número de tallos por hectárea cuando se aplicó la dosis recomendada, notándose un incremento de los tallos respecto al tratamiento doble de la dosis y el testigo respectivamente, disminuyendo el número tallos por hectárea, resultado que demuestra que los fertilizantes tanto en exceso como en defecto inciden directamente en el número de tallos por hectárea, lo que permite asegurar que la dosis de recomendada por el SERFE fue correcta, similares resultados se obtuvieron en otras Provincias en igual período, demostrando que las plantas bien nutridas son más vigorosas, notándose un incremento en la producción de materia prima. Asimismo se manifestó que un exceso de nitrógeno produce alto contenido de agua y bajo contenido de fibra, lo cual afecta la concentración de sacarosa, facilitando además el encamado, ataque de plagas y enfermedades y por consiguiente mala calidad en la materia prima para la obtención de azúcar (INICA, 2000). Por otra parte Iznaga,

(1986), expresa que al disminuir la cantidad de nitrógeno se obtiene menos población y el consumo de este varía en dependencia de la cepa.

García, (1987), expresa que un desbalance nutricional es perjudicial para la fertilidad del suelo, elemento que puede afectar algunos indicadores de la caña de azúcar.

En la figura 3. El diámetro de los tallos se manifestó similar a la anterior variable, observase diferencia significativa al emplear la dosis recomendada, respecto al doble dosis y el testigo respectivamente. Los autores Haag y Acorsi (1978). Plantearon que la deficiencia de nutrientes en las plantas ocasionan disminución en el adelgazamiento de los tallos, planteamiento que nos permite asegurar que la dosis empleada por el SERFE tuvo buena respuesta en el cultivo, lo que corrobora con Dabin (1964), Wang *et al* (1997) y León *et al*, (1991) los cuales reportan la estrecha relación de la nutrición de la caña de azúcar. Por otras parte Cabrera *et al*, (1999) cita a Van Dillewijn (1975), quien expresó que la deficiencia de fósforo origina que se reduzcan la longitud y diámetro de los tallos.

En la figura 4. La variable rendimiento agrícola en el tratamiento de la dosis recomendada muestra una respuesta positiva, lográndose una producción favorable en toneladas de caña de azúcar por hectárea, no siendo así donde se aplicó la doble dosis que se obtuvo menor rendimiento, y es más notable aún cuando se compara con el testigo. La mayor importancia de esta variable radica en la obtención de materia prima para la producción de azúcar. Lo anterior expresado nos permite asegurar que la dosis empleada por el sistema fue la correcta, favoreciendo al cultivo y por ende se refleja en el incremento de los rendimientos, resultados que coinciden con otros estudios desarrollados en la red del INICA durante el período (1998-2002). Los resultados obtenidos afirman lo abordado por Cabrera *et al*, (1999): Manual de Generalidades sobre la nutrición de la caña de azúcar y el manejo de los fertilizantes.

4.2 Análisis económico de la aplicación de los fertilizantes NPK.

En la tabla 1. Se refleja el efecto económico de la aplicación de los fertilizantes recomendados por el servicio, siendo favorable para las unidades productoras, lográndose un incremento en toneladas de caña por hectárea, aportando ganancias adicionales, no así con la aplicación de la doble dosis que disminuyen los rendimientos, provocando pérdidas. La eficiencia económica

resultó mucho menor con la doble dosis, no compensando los gastos en que se incurre. Resultados similares fueron encontrados en la provincia de Camagüey en suelos sialitizados no cálcicos del CAI “Siboney” en la Zafra (1998-1999). Los experimentos desarrollados por el INICA han demostrado que cuando se aplica correctamente la dosis necesaria para el cultivo se obtienen ganancias económicas, (García del Risco E. y Vázquez Fernández A., 2000).

Tabla 1. Efecto económico de la aplicación de los fertilizantes (NPK).

	U/M Kg/Ha	Sin fertilizantes	Dosis recomendada	Doble dosis recomendada
Dosis N	“	-	63.08	126.2
Dosis P	“	-	36.80	73.60
Dosis K	“	-	88.00	176.00
Rend. Esperado	Tn/ha	51.00	51.00	51.00
Rend. Real	“	51.54	60.26	56.05
Rend. Adicional	“	-	8.72	4.21
Incremento Adicional	%	-	16.90	6.98
Valor del rend. Adic.	\$(MN)	-	2171.18	-1048.29
Costos Adicionales				
Costo del fertilizante	\$(MN)	-	1216.53	2433.41
Costo de aplicación	“	-	424.39	825.93
Costo de la cosecha	“	-	627.84	303.12
Costo total	“	-	2268.76	3562.46
Ganancia Adicional	“	-	1543.34	-2514.17
Relación/Costo/Benef.	“	-	0.95	-0.35

Según investigaciones realizadas por Telo *et al.*, (1998) la dosis media de fertilizantes empleada en caña de azúcar durante el año 1997 por el método tradicional fue de 0.13 T/ha, al compararla con las obtenidas por el SERFE que fue de 0.12 T/ha significó una pérdida de 0.01 toneladas de fertilizantes que a un costo promedio de 245.82 USD/T representa una pérdida de 2.45 USD/ha, utilizando el sistema de fertilización convencional. Lo que demuestra que con la nueva tecnología (SERFE) ha generado en la provincia un ahorro de 145.93 toneladas de fertilizantes que asciende a un volumen de 35 873.4 USD con relación al área fertilizada (14593.4 ha).

La aplicación del sistema con criterios científicamente fundamentados nos permitió: precisión de la dosis, calcular el fertilizante posible a emplear en la próxima campaña que son necesarias para la compra de insumos y movilización de las divisas, evitando despilfarros y pérdidas así como estimar la importaciones, analizar la suficiencia de las instalaciones y servicios de mezcla,

ensacado, manipulación, almacenamiento y transporte entre otras. Además de lograr tener actualmente el 94% del área con caña con muestreo agroquímico.

Los resultados de las 95 encuestas permitieron conocer la situación de las empresas y dirigir los esfuerzos en esta dirección, donde la capacitación constituyó uno de los rasgos distintivos para garantizar la efectividad de la aplicación del SERFE, se impartieron cursos anuales que contribuyeron a la formación del personal, la organización de talleres anuales, seminarios, edición de plegables etc., relacionados con el uso y manejo de los fertilizantes y enmiendas en la agricultura cañera. En este sentido la capacitación ha tenido en cuenta a las personas vinculadas con la actividad en las diferentes Empresas y Unidades de Producción, esto nos permitió lograr incrementar la producción, reducir el nivel de riesgos en el cultivo, proteger el potencial de recursos naturales.

CONCLUSIONES

- La aplicación del SERFE incrementó en 8.72 T/ha la producción cañera y creó una cultura integral en el uso y manejo de los fertilizantes.
- La utilización racional de los fertilizantes permitió un ahorro de 145.93 Toneladas de NPK, favoreciéndose la economía y la protección y conservación del medio ambiente.
- Los controles realizados a las unidades productoras constituyeron una herramienta básica para evaluar el efecto de las recomendaciones.

RECOMENDACIONES

- Mantener una constante capacitación y actualización del personal responsabilizado con esta actividad para el éxito del trabajo.
- Continuar fortaleciendo la relación investigación - producción en función de seguir perfeccionado el servicio.

Bibliografía.

- Aragón G. A., F. López-Olguín y Saldaña M. (Eds.) 2001. En: fundamentos para una Agricultura sostenible. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. 51-69 p.
- Balmaseda, C. y D. Ponce de León. 2000. Evaluación de la Aptitud de las Tierras dedicadas al cultivo de la Caña de Azúcar. Manual de Procedimientos. INICA. 54 pp. 1968.-- 441 pp.
- Barrientos, M.V. Influencia de la resiembra y la distancia de plantación en el rendimiento agrícola del cultivo de la caña de azúcar, en suelo Pardo con carbonatos, Provincia de Guantánamo. 1998. -- 2 5, 32, 43p. Tesis de maestría.
- Bock, B. R. and Sikora, F. J., 1980. Modified- Quadratics/Plateau Model for Describing Plant Responses to Fertilizer. Soil Science Society of America Journal. Volume 54. No 6. november-december, 1990. pp 1784-1789.
- Cabrera R.A y Bouzo A. Libia. (1999). Capitulo I Generalidades sobre la nutrición de la caña de azúcar ; Capitulo II Manejo de los fertilizantes sobre bases económicas en : Fundamentos técnico - económicos para El uso de los fertilizantes y enmiendas en caña de azúcar.- -152pp.
- Cabrera, R Fundamento de la medidas para el mejoramiento y recuperación de los suelos salinos del área cañera del Valle de Guantánamo---1992—90 p. Tesis (Doctor en ciencias agrícolas). MINAZ-INICA,1992.
- Cervera, G; Matos, J.; Hernández, I. (2001). Informe. Evaluación de la Aptitud Física de las Tierras de la Provincia Guantánamo. Primera Aproximación. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. La Habana. 38 pp.
- Chapman, L. S. (1995). Long-Term Trials Show Sugarcane Needs Potassium. Better Crops, Vol. 79, No. 1, pp 28 -31.
- Cuéllar Ayala I. A.2002. Manual de fertilización de la Caña de Azúcar en Cuba. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Ciudad de la Habana, Cuba, 127 pp.

- Dabin, B. (1964): Etude des formes du phosphore dans quelques sols des Antilles, actino sur l'alimentation phosphatée de la canne à sucre. *Pedologie* (11): 5 - 11.
- Del Toro Martínez, F. Cultivo de la caña de azúcar.—Cuba : Universidad Central de las Villas, 1985, --288pp
- FAO. 1985. Directivas. Evaluación de tierras para la agricultura de secano. *Boletín de Suelos de la FAO*, 52. Roma. 228 pp.
- García del Risco E. y Vázquez Fernández A. 2000. Los suelos y fertilización de la caña de azúcar. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Ciudad de la Habana, 59p.
- García, E. (1987) . Efectividad de la fertilización con NPK en caña de azúcar sobre suelos Pardos con carbonatos de la Provincia Camagüey. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas, INICA : 118pp.
- GESA, (2002). Recomendación de fertilizantes NPK en caña de azúcar en el MINAZ Provincia GTMO. 1-56p.
- Haag , H. P. W. R., Accorsi (1978). Deficiencia de macro y micronutrientes con caña de azúcar Cultivada en solución nutritiva. *Análisis Esa Luis de Queiroz* 35: 125 – 116p.
- Hernández, J (1996). Evaluación, manejo correlación de la fertilidad de los suelos Ferralíticos cuarcíticos dedicados al cultivo de la caña de azúcar. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, Sancti Spiritus.
- Hernández, J. L. (1995). Evaluación, manejo y corrección de la fertilidad de los suelos Ferralíticos Cuarcíticos dedicados al cultivo de la Caña de Azúcar. Resumen de la tesis presentada en opción al grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas (INICA).
- INICA (1999) . Fundamentos Técnico – Económicos para el uso de fertilizantes y enmiendas en caña de azúcar .89pp
- INICA (1999). Manual de Procedimiento para el Servicio de Recomendación de Fertilizantes y Enmiendas, 65pp.
- INICA, (1995). Bases para la fertilización NPK de la caña de azúcar en Cuba. MINAZ-INICA.---59pp.
- INICA. Manual abreviado del servicio de recomendaciones, fertilizantes y enmiendas, 2000.—63pp.

- Iznaga, O. (1986). Eficiencia de los fertilizantes nitrogenados en caña de azúcar en suelos Ferralíticos Rojos típicos saturados. Tesis en opción al grado científico de Doctor en ciencias Agrícolas. La Habana. 124pp.
- JOHNSON G, V. General Model for Predicting Crop Response to Fertilizer. *Agronomy Journal*. Vol. 83 March-April, 1991. 368 -373 pp
- Juan Pastor Morales Suelos y Agroquímica I Editorial y Educación, 1980—238 pp.
- King, J. ,R. W. Mungomery, C.G. HGHES. Manual del cultivo de la caña de azúcar.-- La Habana : Edición Revolucionaria, 1968.-- 443 pp.
- León, M. E, R. Villegas. Fundamentación científico técnica de las necesidades de fertilizantes minerales en el cultivo de la caña de azúcar y sus métodos de diagnóstico. – 1996---.46 pp. (Proyecto INICA).
- León, M. E, R. Villegas. Fundamentación científico técnica de los fertilizantes minerales en el cultivo de la caña de azúcar. --2002 --.46 pp. (Manual INICA).
- León, M. E. de ; M.A. Lorenzo ; O. Valdés (1991) . Por un uso racional del fertilizante mineral y la mejor calidad de los suelos de la caña de azúcar. II activo Provincial de Investigación - producción de Suelos y Agroquímica, Provincia Ciego de Ávila. 24pp.
- Lerch, G. La experimentación en las ciencias biológicas y agrícolas. Editorial científico – técnico. La Habana, 1987—228p.
- M. Santana, J. B. Fuentes, L. Benítez, J. Coca, R. Córdoba, S. Hernández, J. Arcia, J. Hernández, I. Hernández y D. Socarrás. INICA – MINAZ – IIMA – CNCA, (1999). Principios Básicos para la aplicación de tecnologías de preparación de suelos en el marco de una Agricultura conservacionista y sostenible. 28 – 29 p.
- Martín .Oria, J. R., G. Gálvez, R., de Armas, R. Espinosa., R. Vigoa y A. León. La caña de Azúcar en Cuba: Editorial Ciencia – Técnica, 1987, 299p.
- Mesa, A., Suárez, O. y Tremols, J., (1984). Sistema para estimar el potencial productivo de los suelos ocupados por la caña de azúcar. I. Fundamentación y Descripción del Método. Rev. *Agrotecnica de Cuba*. Vol. 12. No. 2. Ciudad de La Habana. P. 1-14.
- MINAZ. Manual técnico para el cultivo y cosecha de la caña de azúcar.-- La Habana: MINAZ, 1990.--240 p.
- Nueva versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba Instituto de Suelos Ministerio de la Agricultura Ciudad de la Habana, Cuba ,1999 64 pp.

- Nye, F.H. (1992). Toward the quantitative control of crop production and quality. I. The role of computer models. *Soil and Plant Research*. Vol 3. N. 1. January-March, pp 1131-1150.
- Olson, R. L., Wagner, T. L., Willers, J. L., (1990). A Framework for modeling Uncertain Reasoning in Ecosystems Management I. Background and theoretical Considerations. A. I. Applications Vol. 4. No. 4. 1990. 29 pp.
- Ponce, D. y C. Balmaseda. Los factores edáficos en el cultivo de la caña de azúcar. En: Elementos básicos sobre suelos y uso de fertilizante en el cultivo de la caña de azúcar, 1998. 36pp
- Reynoso, Don A. Ensayo sobre el cultivo de la caña de azúcar.--La Habana :(s.n), 1954. – 441 p.
- Ruiz et al (1999). Manual para la descripción de perfiles de suelos y evaluación del entorno.
- Suárez de Castro, F. Conservación de los suelos. Edición Revolucionaria, La Habana 1964.
- Telo, L, et al (1998). Resultados de la integración de las investigaciones sobre la fertilización de la Caña de Azúcar en la aplicación de un Servicio de Recomendaciones de Fertilizantes y Enmiendas (SERFE). (Inédito)5pp
- Villegas, R. (1981). El Fósforo en los suelos y efectividad del empleo de los fertilizantes fosfóricos en caña de azúcar en la República de Cuba. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas (en ruso). 108pp.
- Villegas, R., H. Pérez, I. Cuellar, O. Ascanio; M. López; R. Rubio; A. Cabrera; M. Naranjo; F. Sulroca y E. López (1986). Fundamentos y guía metodológica para la utilización de los fertilizantes nitrogenados, fosfóricos y potásicos en el cultivo de la caña de azúcar. MINAZ. 19pp.
- Villegas, R; López, M. Y Cabrera, A. (1981). P sorption isotherms as diagnostic criterion for p fertilizer requirements for sugarcane, proc. 19th ISSCT cong. Indonesia. 140-148p.
- Wang, C. C., Y. J. Fang and L. S. Roertson (1977). Forms of phosphorus in soil and their availability to sugar cane. Proc. 16th Congr. ISSCT. Brasil.

ANEXO # 1

ENCUESTAS DEL SERFE

Empresa _____ Fecha _____

Unidad _____

A. Cumplimiento y calidad del muestreo de suelos

1. Existe brigada de muestreo de suelo SI _____ NO _____
2. ¿Cuántas personas conforman la brigada de muestreo? _____
3. ¿Cuentan con barrenas agroquímicas para el muestreo? SI _____ NO _____
4. ¿Se toman correctamente las muestras? SI _____ NO _____
5. ¿En qué momento se toman las muestras
Antes de surcar _____ Campo surcado y antes de siembra _____
Después del corte _____ Otro _____ ¿Cuándo? _____
6. ¿Cuentan con bolsas y tarjetas? SI _____ NO _____
7. ¿Existen campos recién sembrados sin muestreo? SI _____ NO _____
8. Área sin muestreo por más de 10 años _____
9. Área a muestrear en el año _____
10. Área muestreada _____
11. ¿Cuentan con registro de fertilidad? SI _____ NO _____
Por bloques _____
Por campos _____
12. ¿Se acompañan las muestras con la información asociada? SI _____ NO _____
13. Observaciones

Resumen de evaluación

Bien: _____ Regular: _____ Mal: _____

B. Dominio de las recomendaciones

1. ¿La Unidad cuenta con las recomendaciones del SERFE? SI _____ NO _____
2. El responsable de la aplicación de los fertilizantes es:
Profesional _____ Técnico _____ Otros _____
3. Años de experiencia del responsable de fertilización _____
4. ¿Ha pasado el Curso I del SERFE? : SI _____ NO _____
5. ¿Cuántos cursos del SERFE ha pasado? _____

Resumen de evaluación

Bien: _____ Regular: _____ Mal: _____

C. Calidad de las aplicaciones de fertilizantes

1. Se lleva el registro del fertilizante real aplicado por campo: SI _____ NO _____
2. Se han aplicado los portadores y las dosis requeridas: SI _____ NO _____
3. fertilización

	Área	%	¿Por qué el atraso?	SI	NO
< 20 días	_____	_____	Falta de fertilizantes	SI _____	NO _____
20 – 30 días	_____	_____	No alistamiento de Fert.	SI _____	NO _____
30 – 45 días	_____	_____	Rotura de Tractor	SI _____	NO _____
45 – 60 días	_____	_____	Rotura de Fertilizadora	SI _____	NO _____
60 – 90 días	_____	_____	Problemas climáticos	SI _____	NO _____
> 90 días	_____	_____			

4. El fertilizante se aplica:
5. Enterrado _____ Superficial _____ A voleo _____
6. Manual _____ Con máquina _____ Con avión _____
7. ¿Cuántas fertilizadoras posee? _____
8. ¿Están calibradas las fertilizadoras? _____
9. ¿Quién realiza la calibración de la fertilizadora? _____
 Técnico del CAI: _____
 Técnico de la Unidad _____
 Mecanizador _____
 Operador _____
 Otro _____
10. ¿El operador posee tarjeta de calibración de la fertilizadora? SI _____ NO _____
11. ¿Se dispone de herramientas para regular la máquina? SI _____ NO _____
12. ¿La fertilizadora está regulada para la dosis recomendada al campo donde se está trabajando? SI _____ NO _____
13. Dificultades para regular la fertilizadora
 No hay dificultades _____
 No se realiza la regulación _____
 La fertilizadora no se puede regular _____
14. Estado técnico del tractor empleado B _____ R _____ M _____

Velocidad adecuada del tractor

- Funciona el clutch de la fertilizadora: SI _____ NO _____
 Gomas lastradas correctamente: SI _____ NO _____
 Sistema hidráulico en buen estado: SI _____ NO _____
 Tipo de tractor: MTZ _____ JUMP _____ Otro _____
 El tractor es permanente para fertilizar: SI _____ NO _____
15. Estado técnico de la fertilizadora: B _____ R _____ M _____
- Observar: sinfin, chumaceras, ejes, mangueras, rueda de control de profundidad, disco pica paja, rejas, cadenas, tolvas, copillas, sistema de embrague.

16. Dificultades de la fertilizadora en el trabajo debido a:

Mala calidad de los fertilizantes _____

Mal estado de la fertilizadora _____

Condiciones climáticas adversas _____

17. Cuentan con carretas de abastecimiento techadas: SI _____ NO _____

18. Utilizan mantas al momento de cargarlas de fertilizantes: SI _____ NO _____

19. Realizan aplicaciones de:

Ceniza: SI _____ NO _____ Dosis: _____

Cachaza: SI _____ NO _____ Dosis: _____

Residual líquido: SI _____ NO _____ Dosis: _____

20. Tiene algún criterio para el manejo de los fertilizantes diferente a lo recomendado por el SERFE. Exponga breve.

Resumen de evaluación

Bien: _____ **Regular:** _____ **Mal:** _____

D. CALIDAD DEL ALMACENAMIENTO Y CONTROL DE LOS FERTILIZANTES

1. CANTIDAD DE ALMACENES: _____

2. UBICACIÓN DE LOS ALMACENES: _____

3. ESTADO DE LOS ALMACENES

B R M

TECHO

PUERTAS Y VENTANAS

ESTIBAS

UBICACIÓN DE

PORTADORES

CUSTODIO Y

PROTECCIÓN

CONTROL DE ENTRADA

Y SALIDA

VENTILACIÓN

4. CAPACIDAD DE ALMACENAJE _____ SUFICIENTE PARA LA CAMPAÑA: SI

_____ NO _____ CALIDAD DE LOS FERTILIZANTES RECIBIDOS: B _____ R

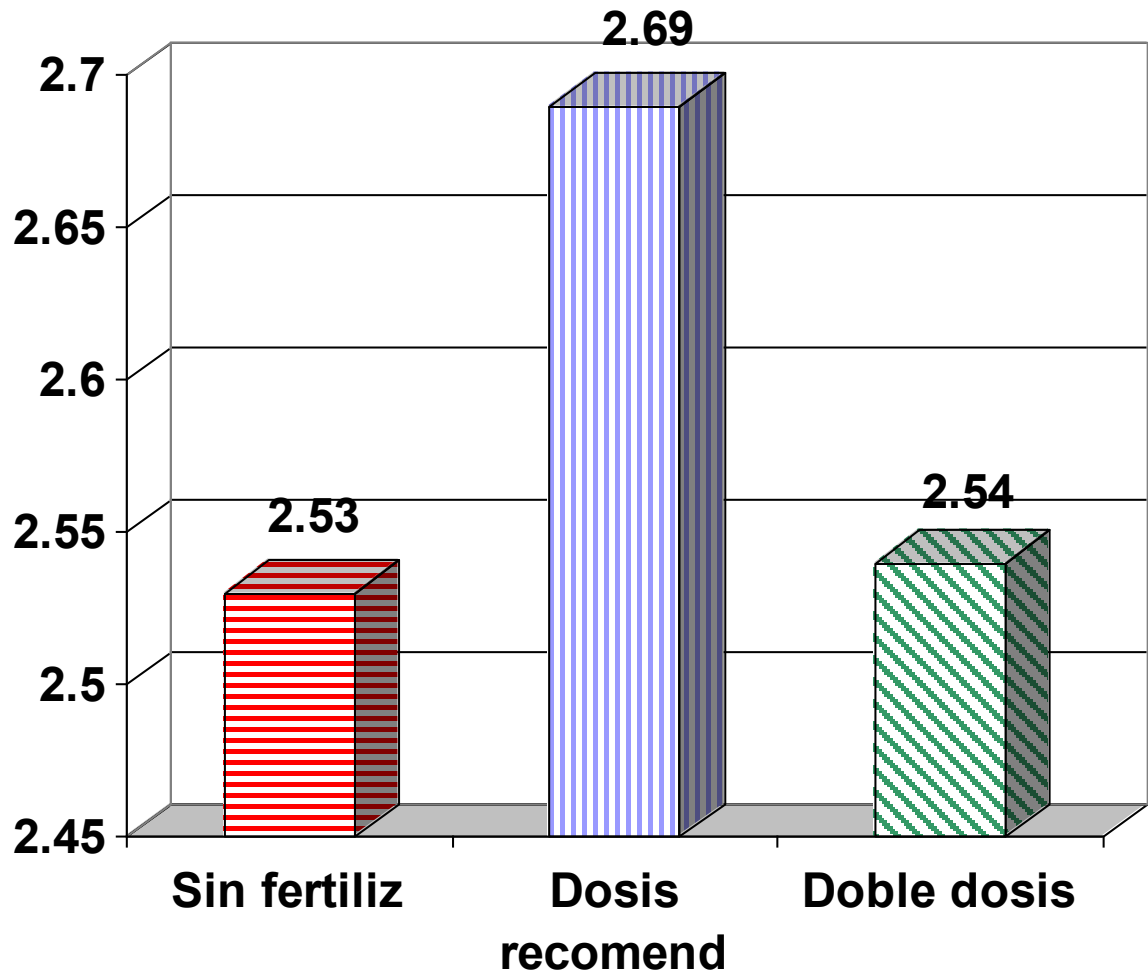
_____ M _____

5. RECEPCIÓN DE LOS FERTILIZANTES: A TIEMPO _____ ATRASADOS

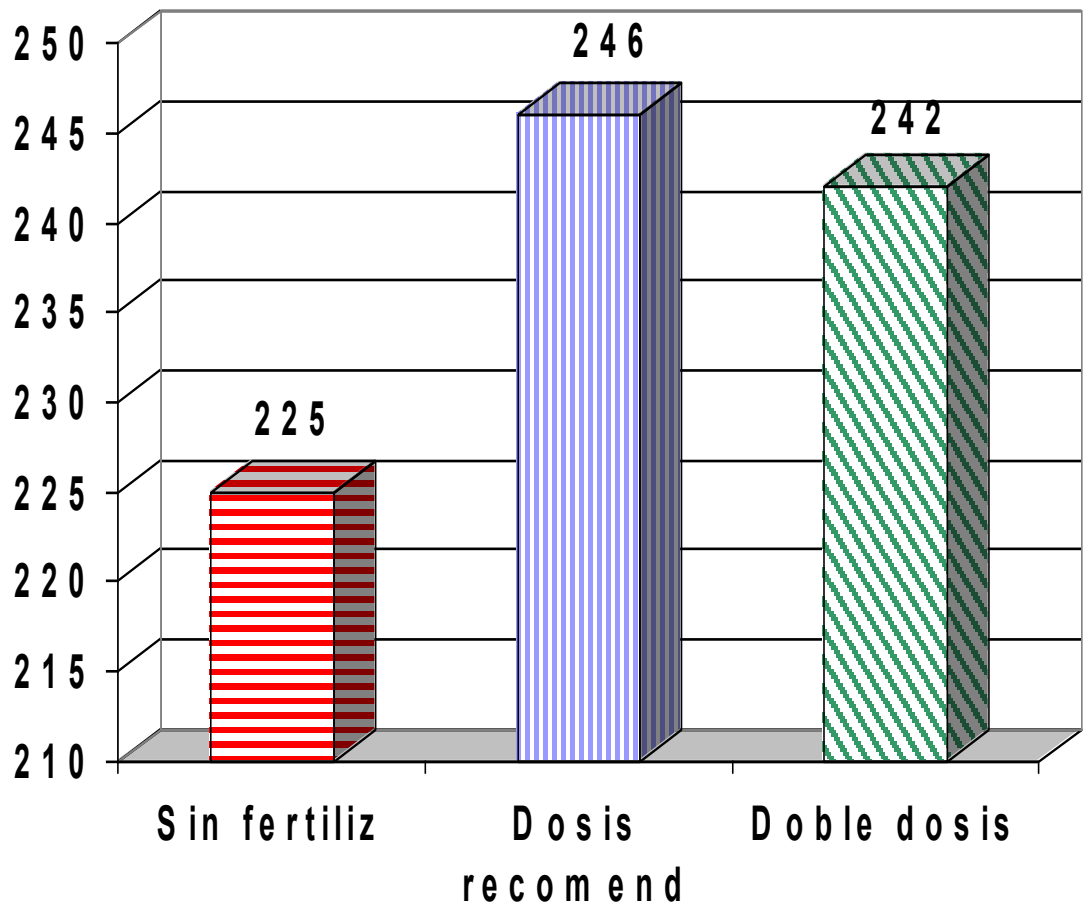
Resumen de evaluación

Bien: _____ **Regular:** _____ **Mal:** _____

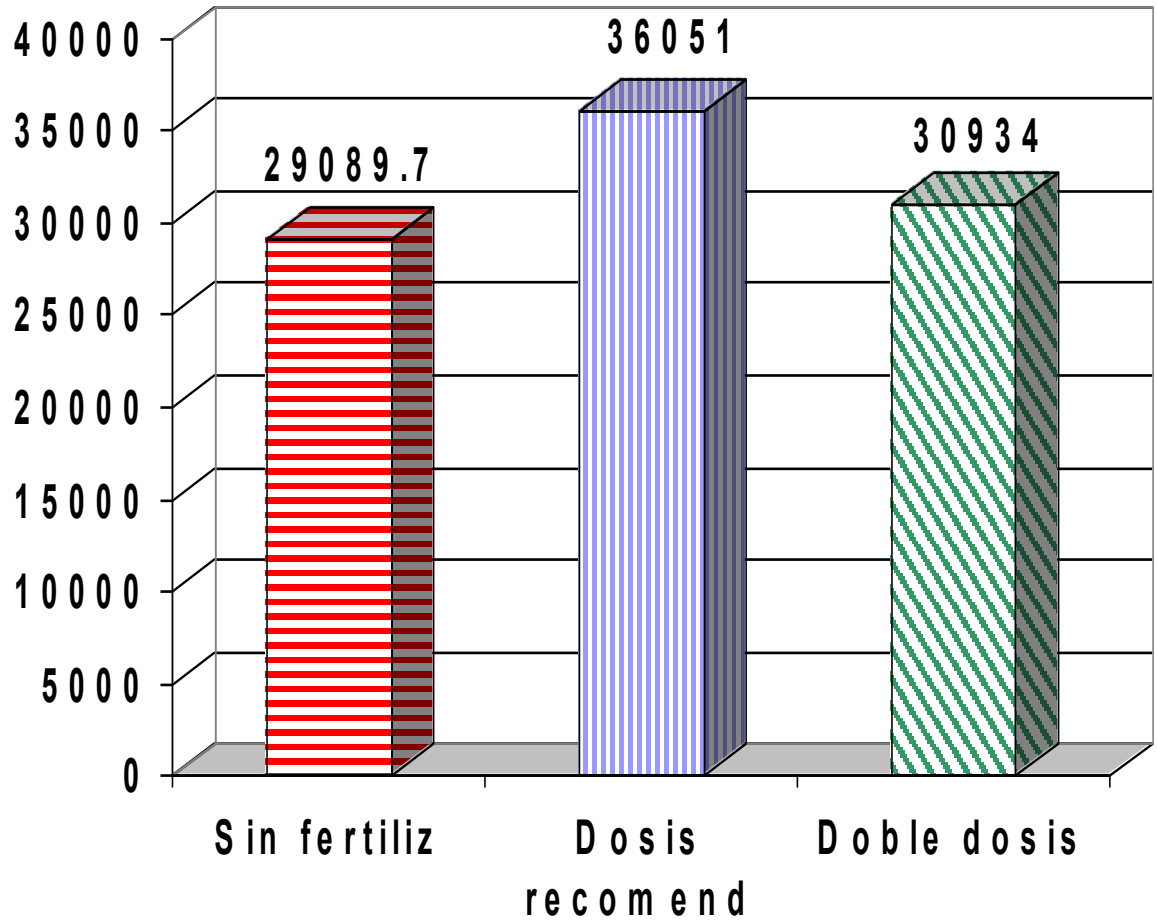
**Anexo #4. Promedio general de la variable
Diámetro (cm)**



Anexo #2. Promedio general de la variable
Longitud del Tallo (cm)



Anexo #3. Promedio general de la variable Tallo/ha.



Anexo #5. Comportamiento del rendimiento agrícola (T/ha.)

